



**INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
EGAS MONIZ**

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**AVALIAÇÃO *IN VITRO* DE CADEIAS ELÁSTICAS
ORTODÔNTICAS QUANDO EXPOSTAS A SOLUÇÕES DE
FLÚOR E CLOREXIDINA**

Trabalho submetido por
Rita Maria Passos Gancho
Para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

setembro de 2017



INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

AVALIAÇÃO *IN VITRO* DE CADEIAS ELÁSTICAS ORTODÔNTICAS QUANDO EXPOSTAS A SOLUÇÕES DE FLÚOR E CLOREXIDINA

Trabalho submetido por
Rita Maria Passos Gancho
Para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Prof. Doutor Pedro Mariano Pereira

e coorientado por
Prof. Doutora Madalena Oom

setembro de 2017

A ti mãe, por teres feito todos os sacrifícios para que eu alcançasse os meus sonhos.

*Se eu não puder fazer coisas grandiosas,
eu posso fazer coisas pequenas de forma grandiosa”*

Martin Luther King (1929-1968)

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, o Prof. Doutor Pedro Mariano Pereira, por toda a ajuda e paciência que teve comigo e com esta investigação, pela tranquilidade que sempre me transmitiu ao longo deste trabalho. O sentido de responsabilidade, de trabalho e rigor consigo aprendidos levo para toda a vida;

Agradeço à minha coorientadora, a Prof. Doutora Madalena Oom, por ter sido inalcançável na execução desta investigação e valiosa ajuda no trabalho laboratorial. Obrigada pela amizade, frontalidade e enorme dedicação, estando sempre disponível para me ouvir e corrigir;

Ao Prof. Doutor Luís Proença por toda a ajuda no tratamento estatístico deste trabalho;

Ao Prof. Doutor Mário Polido pelas explicações quanto ao funcionamento dos aparelhos do Laboratório de Materiais;

Ao Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz e a todo o corpo docente pelos conhecimentos que adquiri;

Agradeço também à Susana, à Natacha e à Dona Florinda por me terem ajudado na elaboração da saliva artificial, e por toda a simpatia e disponibilidade com que sempre me receberam;

Às marcas 3M Unitek®, TP Orthodontics® eOrmco® por terem aceite participar neste estudo;

À fábrica Acrilfer® que passou a ideia das placas de resina acrílica do papel para a vida real, tornando a execução deste trabalho possível;

Quero agradecer aos meus pais. À minha mãe que é para mim um verdadeiro rochedo ao qual se me amparar sei que nunca irei cair. Obrigada pelo seu grande sonho terem sido os meus sonhos, e por ter sofrido comigo até à conclusão deste trabalho. É para mim um exemplo da mulher que espero um dia ser. Ao meu pai por todos os conselhos e preocupação que sempre demonstrou, incentivando-me sempre a fazer mais e melhor. Agradeço-lhe toda a força que me transmite desde sempre;

Quero agradecer aos meus queridos amigos que a faculdade me trouxe: Cristiana Lopes, Susana Cortes, Maria Vaz, João Diamantino, João Brito e Jorge Dias. Um especial agradecimento à Maria Vaz, a minha parceira de box e a pessoa que mais fê têm em mim. Irei sempre recordar o tempo que trabalhei contigo com carinho, completavam-nos uma à outra. À Cristiana Lopes, que se tornou ao longo destes cinco anos a irmã que nunca tive. Obrigada pela companhia nos longos dias de laboratório que tornou o trabalho mais fácil. E, por fim, à Susana Cortes, a minha companheira de todas as horas, obrigada por sempre ter sido uma amiga incansável em tantos momentos.

A todos quero expressar o meu reconhecimento e profundo agradecimento.

RESUMO

Objetivos: As cadeias elásticas ortodônticas são dispositivos extremamente úteis para o ortodontista, sendo fundamental que no decorrer do tratamento a força exercida por essas cadeias seja o mais constante possível. Para os pacientes ortodônticos a higiene oral é considerada mais difícil de ser executada, o que exige um controle mecânico e químico rigoroso. Assim, este estudo pretende avaliar a influência de soluções de fluoreto de sódio e de digluconato de clorexidina, em concentrações idênticas às encontradas nos colutórios orais, na degradação das cadeias elásticas ortodônticas.

Materiais e Métodos: Para este estudo *in vitro*, foram utilizadas cadeias elásticas das seguintes marcas: 3M Unitek®,Ormco® e TP Orthodontics®. Estas foram mantidas em saliva artificial a 37°C e submersas em duas soluções de fluoreto de sódio (contendo 500 ppm e 248 ppm de flúor) e em duas soluções de digluconato de clorexidina (0,12% e 0,2%), uma vez por dia, e durante 60 segundos. Um dos grupos de cadeias elásticas ficou exposto exclusivamente a saliva artificial durante toda a experiência, funcionando como grupo controle. Cada cadeia sofreu um estiramento de 50% do seu tamanho inicial, e foram avaliados dois parâmetros: a força e a resistência à tração. O registro dos parâmetros de avaliação e das características das cadeias elásticas foi efetuado no momento zero, ao 7ºdia, ao 14ºdia e ao 28ºdia.

Resultados: As soluções de fluoreto de sódio afetaram a força das cadeias elásticas, porém não parecem influenciar o ponto de rutura. Ambas as soluções de digluconato de clorexidina afetaram a força elástica, sendo que a concentração de 0,2% parece afetar igualmente o ponto de rutura das cadeias elásticas. As três marcas avaliadas apresentaram diferenças significativas entre elas.

Conclusões: As diversas soluções de higiene oral utilizadas neste estudo mostraram interferir na degradação das cadeias elásticas ortodônticas das marcas estudadas.

Palavras-chave: cadeias elásticas ortodônticas, perda de tensão, ponto de rutura, higiene oral em ortodontia.

ABSTRACT

Aims: Orthodontic elastomeric chains are extremely useful devices for the orthodontist, being essential that during the treatment the force exerted by these chains is as constant as possible. For orthodontic patients oral hygiene is considered more difficult to perform, which requires strict mechanical and chemical control. Thus, this study intends to evaluate the influence of solutions of sodium fluoride and chlorhexidine digluconate, in similar concentrations to those found in oral mouthwashes, in the degradation of force, of several elastic chains.

Materials and Methods: In this *in vitro* study, elastic chains of the following brands were used: 3M Unitek®,Ormco® and TP Orthodontics®. These chains were maintained in artificial saliva at 37°C and submerged in two solutions of sodium fluoride (containing 500 ppm and 248 ppm fluorine) and two solutions of 0,12% and 0,2% chlorhexidine digluconate once per day, and for 60 seconds. One of the groups of elastic chains was exposed to artificial saliva throughout the experimente, functioning as a control group. Each chain has undergone a stretch of 50% of their initial size. Two evaluation parameters of elastic chains were established: tensile strength and resistance to traction. The recording of the evaluation parameters and the characteristics of the elastic chains were made: at time zero, at day 7, at day 14 and at day 28.

Results: Sodium fluoride solutions affect the elasticity of the elastic chains, but not the breaking point. The solutions of chlorhexidine digluconate affect the elasticity and the concentration of 0,2% also seems to affect the breaking point of the elastic chains. It was observed that the three brands evaluated had significant differences.

Conclusion: The different solutions of oral hygiene used in this study have shown to lead to a force decay of the orthodontic elastic chains of the chosen brands.

Keywords: orthodontic elastic chains, force decay, breaking point, oral hygiene in Orthodontics.

ÍNDICE GERAL

I. Introdução	13
1. Contextualização e justificação do trabalho	13
2. Objetivos	14
2.1. Objetivo geral	14
2.2. Objetivos específicos	14
3. Metodologia de investigação.....	15
4. Hipóteses	16
5. Revisão bibliográfica.....	18
5.1. Cadeias elásticas ortodônticas	18
5.1.1. História e evolução.....	18
5.1.2. Cadeias elásticas ortodônticas	19
5.1.3. Aplicações clínicas das cadeias elásticas ortodônticas	21
5.1.4. Vantagens das cadeias elásticas ortodônticas.....	22
5.1.5. Desvantagens das cadeias elásticas ortodônticas	23
5.2. Biomecânica das cadeias elásticas ortodônticas.....	24
5.2.1. Degradação das cadeias elásticas ortodônticas	24
5.3. Higiene oral no tratamento ortodôntico.....	29
5.4. Colutórios em Ortodontia	30
5.5. Composição química dos colutórios	31
5.5.1. Agentes catiónicos.....	31
5.5.2. Agentes fluoretados.....	32
5.5.3. Óleos essenciais e derivados fenólicos.....	32
5.5.4. Outros	33
5.6. Estudos precedentes.....	34
II. Materiais e Métodos.....	37
1. Métodos de pesquisa bibliográfica.....	37
2. Tipo de Estudo.....	37
3. Local do Estudo	38
4. Amostra	38
4.1. Cadeias Elásticas Ortodônticas.....	38
5. Metodologia de Investigação	40

5.1.	Soluções de fluoreto de sódio, de digluconato de clorexidina e saliva artificial.....	40
5.2.	Placas de Resina Acrílica	41
5.3.	Incubação.....	41
5.4.	Avaliação das cadeias elásticas ortodônticas.....	42
5.4.1.	Determinação da força exercida pelas cadeias elásticas	43
5.4.2.	Determinação do ponto de rutura das cadeias elásticas	43
6.	Metodologia Estatística.....	45
III.	Resultados e Discussão	47
1.	Resultados	47
1.1.	Avaliação da força e ponto de rutura dos elásticos em cadeia submersos em saliva artificial – grupo controlo.....	48
1.2.	Avaliação da força e do ponto de rutura dos elásticos em cadeia, ao longo do tempo, quando expostas às soluções de fluoreto de sódio e digluconato de clorexidina, simulando o uso de colutórios orais	52
1.2.1.	O efeito das soluções de fluoreto de sódio na degradação das cadeias elásticas.....	52
	□ Comparação das duas concentrações de flúor (248 ppm de F ⁻ e 500 ppm de F ⁻).....	52
1.2.2.	Efeito das soluções de digluconato de clorexidina na degradação das cadeias elásticas	59
	□ Comparação das duas concentrações de digluconato de clorexidina (a 0,12% e 0,2%)	59
1.3.	Comparação do comportamento de cada marca em função do tempo	66
1.3.1.	O efeito das soluções de fluoreto de sódio no comportamento das três marcas estudadas.....	66
1.3.2.	O efeito das soluções de digluconato de clorexidina no comportamento das três marcas estudadas	70
1.4.	Resumo dos resultados obtidos	74
2.	Discussão	79
2.1.	Escolha da investigação e relevância clínica.....	79
2.2.	Escolha do método de investigação.....	80
2.3.	Discussão dos resultados	83
2.4.	Limitações da investigação.....	88
2.5.	Sugestões para estudos futuros	88
IV.	Conclusões.....	91

Referências Bibliográficas.....	93
--	-----------

Anexos

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Existe uma grande diversidade de tipos de cadeias elásticas: diferentes cores e dimensões (Adaptado de Halimi et al., 2012).	20
Figura 2 - Diagrama de tensão-deformação (Adaptado das aulas teóricas de Ortodontia II).	25
Figura 3 - Representação esquemática da deformação elástica ou reversível sofrida por um elastómero (Adaptado de Anusavice et al., 2013).	26
Figura 4 - Módulo de Young ou de Elasticidade (GPa): fórmula matemática. Quanto mais horizontal estiver o segmento de reta do diagrama de tensão-deformação, menor é o Módulo de Young e maior é a elasticidade do material (Adaptado de Anusavice et al., 2013).	26
Figura 5 - Representação esquemática da deformação viscoelástica sofrida por um elastómero (Adaptado de Anusavice et al., 2013).	27
Figura 6 - Segmento de elástico da marca 3M Unitek®.	39
Figura 7 - Embalagem da marca 3M Unitek®.	39
Figura 8 - Segmento de elástico da marcaOrmco®.....	39
Figura 9 - Embalagem da marcaOrmco®.....	39
Figura 10 - Segmento de elástico da marca TP Orthodontics®.	39
Figura 11 - Embalagem da marca TP Orthodontics®.	39
Figura 12 - Recipiente de digluconato de clorexidina da marca Sigma-Aldrich ® (à esquerda) e de fluoreto de sódio da marca Merck KGaA® (à direita).	40
Figura 13 - Exemplar da placa de resina acrílica.....	41
Figura 14 - Cadeias elásticas ortodônticas em extensão mergulhadas em saliva artificial, numa estufa incubadora a 37°C.	42
Figura 15 - Dinamómetro da marca Dentaurum® (50-500gramas).	43
Figura 16 - Máquina de Teste Universal Shimadzu Autograph AG-IS.	44
Figura 17 - Representação do Jig. O elástico foi colocado sobre os apoios de cada uma das peças do jig. Este foi inserido na máquina universal de testes, dando-se início ao teste à tração.....	44
Figura 18 - Teste à tração do elástico ortodôntico em cadeia.	45
Figura 19 - Variação dos valores da força das cadeias elásticas das marcas 3M Unitek® (amarelo), TP Orthodontics® (vermelho) eOrmco® (azul), ao longo do tempo, quando mergulhadas em saliva artificial (grupo controlo). Os valores representam os valores médios e o desvio padrão (n=13).	49
Figura 20 - Variação dos valores dos pontos de rutura, das cadeias elásticas das marcas 3M Unitek® (amarelo), TP Orthodontics® (vermelho) eOrmco® (azul), ao longo do tempo, quando mergulhadas em saliva artificial (grupo controlo). Os valores representam os valores médios e o desvio padrão (n=13).	51
Figura 21 - Variação dos valores da força das cadeias elásticas do grupo controlo (azul) e quando expostas às soluções de fluoreto de sódio contendo 248 ppm de F ⁻ (laranja) e	

fluoreto de sódio contendo 500 ppm de F ⁻ (verde). Os valores representam as médias e desvio padrão (n=13).	53
Figura 22 - Variação dos valores dos pontos de rutura das cadeias elásticas do grupo controlo (azul) e quando expostas às soluções de fluoreto de sódio contendo 248 ppm de F ⁻ (laranja) e contendo 500 ppm de F ⁻ (verde), em função do tempo. Os valores representam as médias e desvio padrão (n=13).	57
Figura 23 - Variação dos valores da força das cadeias elásticas do grupo controlo (azul) e quando submetidas às soluções de digluconato de clorexidina a 0,12% (verde fluorescente) e 0,2% (roxo), em função do tempo. Os valores representam as médias e o desvio padrão (n=13).	60
Figura 24 - Variação dos valores dos pontos de rutura das cadeias elásticas do grupo controlo (azul) e quando expostas às soluções de digluconato de clorexidina a 0,12% (verde fluorescente) e 0,2% (roxo), em função do tempo. Os valores representam as médias e o desvio padrão (n=13).	64
Figura 25 - Comparação da força das marcas 3M Unitek® (amarelo), TP Orthodontics® (vermelho) eOrmco® (azul). Para cada uma das marcas é apresentado o grupo controlo (linha), o grupo do fluoreto de sódio com 500 ppm de F ⁻ (tracejado) e o grupo com 248 ppm de F ⁻ (pontilhado).	68
Figura 26 - Comparação do ponto de rutura das marcas 3M Unitek® (amarelo), TP Orthodontics® (vermelho) eOrmco® (azul). Para cada uma das marcas é apresentado o grupo controlo (linha), o grupo do fluoreto de sódio com 500 ppm de F ⁻ (tracejado) e o grupo com 248 ppm de F ⁻ (pontilhado).	69
Figura 27 - Comparação da força das marcas 3M Unitek® (amarelo), TP Orthodontics® (vermelho) eOrmco® (azul). Para cada uma das marcas é apresentado o grupo controlo (linha), o grupo de digluconato de clorexidina a 0,2% (tracejado) e o grupo com 0,12% (pontilhado).	71
Figura 28 - Comparação do ponto de rutura das marcas 3M Unitek® (amarelo), TP Orthodontics® (vermelho) eOrmco® (azul). Para cada uma das marcas é apresentado o grupo controlo (linha), o grupo de digluconato de clorexidina a 0,2% (tracejado) e o grupo com 0,12% (pontilhado).	72
Figura 29 - Força das cadeias elásticas de cada uma das três marcas ao fim de 28 dias, após os diferentes tratamentos com as soluções de higiene oral. As estrelas representam diferenças significativas (p<0,05).	74
Figura 30 - Ponto de rutura das cadeias elásticas de cada uma das três marcas ao fim de 28 dias, após os diferentes tratamentos com as soluções de higiene oral. As estrelas representam diferenças significativas (p<0,05).	75
Figura 31 - Percentagem da força (verde) e resistência à rutura remanescente (azul) ao fim de 28 dias, das cadeias da marca 3M Unitek®.	77
Figura 32 - Percentagem da força (verde) e resistência à rutura remanescente (azul) ao fim de 28 dias, das cadeias da marcaOrmco®.	77
Figura 33 - Percentagem da força (verde) e resistência à rutura remanescente (azul) ao fim de 28 dias, das cadeias da marca TP Orthodontics®.	78

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo de estudos in vitro precedentes.	34
Tabela 2 - Avaliação da força, em gramas, com o dinamómetro, das cadeias elásticas mergulhadas constantemente em saliva artificial, ao longo do tempo.	48
Tabela 3 - Teste estatístico ANOVA one-way para a medição da força do grupo controlo.	49
Tabela 4 - Comparações múltiplas do teste estatístico ANOVA one-way para analisar diferenças entre marcas.	50
Tabela 5 - Avaliação do ponto de rutura, em milímetros, com a máquina de testes universais, das cadeias elásticas mergulhadas constantemente em saliva artificial, em função do tempo.	50
Tabela 6 - Teste estatístico ANOVA one-way para a medição do ponto de rutura do grupo controlo.	51
Tabela 7 - Comparações múltiplas do Teste estatístico ANOVA one-way para analisar diferenças entre marcas.	51
Tabela 8 - Avaliação da força, em gramas, com o dinamómetro, das cadeias elásticas submetidas a uma solução de fluoreto de sódio com 248 ppm de F ⁻	52
Tabela 9 - Avaliação da força, em gramas, com o dinamómetro, das cadeias elásticas submetidas a uma solução de fluoreto de sódio com 500 ppm de F ⁻	52
Tabela 10 - Teste estatístico ANOVA one-way para a solução fluoreto de sódio contendo 248 ppm de flúor.	54
Tabela 11 - Comparações múltiplas de Tukey HSD para a solução de fluoreto de sódio com 248 ppm de flúor.	54
Tabela 12 - Teste estatístico ANOVA one-way para a solução fluoreto de sódio contendo 500 ppm de flúor.	54
Tabela 13 - Comparações múltiplas de Tukey HSD para a solução de fluoreto de sódio contendo 500 ppm de flúor.	54
Tabela 14 - Teste estatístico Kruskal-Wallis para a solução de fluoreto de sódio contendo 248 ppm de flúor.	55
Tabela 15 - Teste estatístico Kruskal-Wallis para a solução de fluoreto de sódio contendo 500 ppm de flúor.	55
Tabela 16 - Tabela de comparações múltiplas para analisar diferenças entre as duas concentrações de fluoreto de sódio.	56
Tabela 17 - Avaliação do ponto de rutura, com a máquina de testes universais, das cadeias elásticas ortodônticas submetidas a uma solução de fluoreto de sódio, contendo 248 ppm de flúor.	56
Tabela 18 - Avaliação do ponto de rutura, com a máquina de testes universais, das cadeias elásticas ortodônticas submetidas a uma solução de fluoreto de sódio, contendo 500 ppm de flúor.	56
Tabela 19 - Teste estatístico ANOVA one-way para a solução de fluoreto de sódio com 248 ppm de flúor.	58

Tabela 20 - Teste estatístico ANOVA one-way para a solução de fluoreto de sódio com 500 ppm de flúor.	58
Tabela 21 - Tabela de comparações múltiplas para analisar diferenças entre as duas concentrações de fluoreto de sódio.....	58
Tabela 22 - Avaliação da força, em gramas, com o dinamómetro, das cadeias elásticas submetidas a uma solução de digluconato de clorexidina a 0,12%.....	59
Tabela 23 - Avaliação da força, em gramas, com o dinamómetro, das cadeias elásticas submetidas a uma solução de digluconato de clorexidina a 0,2%.....	59
Tabela 24 - Comparações múltiplas de Tukey HSD para a solução de digluconato de clorexidina a 0,12%.	61
Tabela 25 - Comparações múltiplas de Tukey HSD para a solução de digluconato de clorexidina a 0,2%.	61
Tabela 26 - Teste estatístico ANOVA one-way para a solução de digluconato de clorexidina a 0,12%.....	61
Tabela 27 - Teste estatístico ANOVA one-way para a solução de digluconato de clorexidina a 0,2%.....	62
Tabela 28 - Tabela de comparações múltiplas para analisar diferenças entre as duas concentrações de digluconato de clorexidina.	62
Tabela 29 - Avaliação do ponto de rutura, com a máquina de testes universais, das cadeias elásticas expostas a uma solução de digluconato de clorexidina a 0,12%.	63
Tabela 30 - Avaliação do ponto de rutura, com a máquina de testes universais, das cadeias elásticas expostas a uma solução de digluconato de clorexidina a 0,2%.	63
Tabela 31 - Teste estatístico ANOVA one-way para a solução de digluconato de clorexidina a 0,12%.	65
Tabela 32 - Teste estatístico ANOVA one-way para a solução de digluconato de clorexidina a 0,2%.	65
Tabela 33 - Comparações múltiplas de Tukey HSD.	65
Tabela 34 - Tabela de comparações múltiplas para analisar diferenças entre as duas concentrações de digluconato de clorexidina.	66
Tabela 35 - Tabela de comparações múltiplas para analisar diferenças entre marcas. ..	68
Tabela 36 - Tabela de comparações múltiplas para analisar diferenças entre marcas. ..	70
Tabela 37 - Tabela de comparações múltiplas para analisar diferenças entre as marcas.	72
Tabela 38 - Tabela de comparações múltiplas para analisar diferenças entre as marcas.	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

CHX: clorexidina

ISCSEM: Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz

I. Introdução

1. Contextualização e justificação do trabalho

Em Ortodontia, são regularmente utilizadas pelas suas diversas aplicações clínicas, cadeias elásticas, dispositivos que transmitem uma dada força aos dentes com o objetivo de os movimentar (Pithon, Santana, Sousa, & Farias, 2012), de forma a gerir espaços na arcada dentária (Kumar, Shetty, Krithika, & Cyriac, 2014; Mirhashemi, Farahmand, & Borujeni, 2016).

No entanto, apesar das características vantajosas destes materiais, as forças por elas exercidas são instáveis e alteram-se com o passar do tempo (Weissheimer, Locks, Menezes, Borgatto, & Derech, 2013), sofrendo uma deterioração desde o primeiro dia em que são colocadas na cavidade oral (Pithon et al., 2014). Tal constitui uma das principais causas da perda de eficácia no movimento dentário, condicionando o tratamento ortodôntico (Pithon et al., 2014).

Deste modo, vários autores consideram que o ortodontista deve dominar os princípios físicos e mecânicos dos elásticos ortodônticos para uma seleção eficaz dos mesmos, tornando possível alcançar um tratamento ortodôntico cuja movimentação dentária seja a mais eficaz (Henriques, Hayasaki, & Henriques, 2003).

É conhecido na literatura que os acessórios ortodônticos aderidos à superfície dentária tornam a higiene oral mais difícil, conduzindo à retenção de biofilme (Pithon et al., 2012). Por este motivo, no final da terapêutica, no momento de remoção dos aparelhos, por vezes são encontradas áreas de desmineralização dentária em redor dos elementos do aparelho fixo, existindo também na grande maioria das vezes, inflamação dos tecidos periodontais (Bardal, Olympio, Bastos, Henriques, & Buzalaf, 2011). Assim, e de acordo com o referido, é fundamental que o paciente ortodôntico tenha uma boa higiene oral, estando recomendado complementar o controlo mecânico da placa bacteriana com um controlo químico rigoroso, através dos colutórios orais (Pithon, Rodrigues, Sousa, Santos, & Soares, 2013; Pithon et al., 2012).

Nesse sentido, levanta-se uma importante questão: será que determinados agentes químicos de higiene oral disponíveis no mercado, particularmente o fluoreto de sódio e o

digluconato de clorexidina, influenciam a diminuição da força que as cadeias elásticas ortodônticas transmitem aos dentes, levando ao prolongamento ou até mesmo insucesso do tratamento ortodôntico?

Este estudo tentará responder a esta questão, justificando-se assim a sua realização. Além disso, após uma vasta pesquisa na literatura existente, verificou-se uma escassez de publicações e falta de informação sobre o assunto, não existindo mesmo nenhum estudo igual ao presente em Portugal, não sendo, assim, possível obter respostas conclusivas às questões que se levantam sobre esta temática.

Caso existam correlações, o presente estudo irá possibilitar sensibilizar e apoiar os médicos dentistas generalistas e os especialistas em Ortodontia, na escolha mais adequada das cadeias elásticas e dos colutórios a serem administrados, durante o período de tratamento. Além disso, os médicos dentistas ficarão mais habilitados a dar instruções claras e mais rigorosas aos pacientes, sobre a correta utilização dos colutórios.

Finalmente, refira-se que este estudo irá permitir uma monitorização mais cuidadosa sobre a quantidade de força libertada, em diferentes intervalos de tempo, ao determinar os melhores *timings* para realizar a substituição das cadeias elásticas, de forma a garantir a segurança e eficácia do tratamento ortodôntico, priorizando o mínimo dano tecidual (Araújo & Ursi, 2006).

2. Objetivos

2.1. Objetivo geral

Com o presente estudo, pretende-se avaliar o comportamento das cadeias elásticas ortodônticas sob a ação de soluções de fluoreto de sódio e de digluconato de clorexidina, em concentrações semelhantes às encontradas nos colutórios de higiene oral, existentes no mercado, e que são frequentemente prescritos, durante o tratamento ortodôntico.

2.2. Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Verificar a existência de degradação das cadeias elásticas das três marcas estudadas: 3M Unitek®,Ormco® e TP Orthodontics®;
- Verificar a existência de degradação das cadeias elásticas de cada uma das marcas anteriormente referidas, sob a influência de uma solução de fluoreto de sódio com 248 ppm de flúor (F⁻) e de uma solução de fluoreto de sódio com 500 ppm de flúor (F⁻);
- Verificar a existência de degradação das cadeias elásticas de cada uma das marcas anteriormente referidas, sob a influência de uma solução de digluconato de clorexidina a 0,12% e de uma solução de digluconato de clorexidina a 0,2%;
- Elaborar uma avaliação comparativa entre concentrações diferentes de fluoreto de sódio e de digluconato de clorexidina, quanto ao efeito que poderão exercer na degradação das cadeias elásticas;
- Elaborar uma avaliação comparativa da degradação entre as três marcas estudadas.

3. Metodologia de investigação

Procedeu-se à realização de um estudo experimental, onde foram utilizadas no total 624 cadeias elásticas, 195 cadeias de cada uma das seguintes marcas: 3M Unitek®,Ormco® e TP Orthodontics®.

Com o objetivo de simular o meio oral, as cadeias elásticas foram mantidas em saliva artificial a 37°C ± 1°C. Para testar o efeito do uso diário de um colutório oral, as cadeias elásticas foram submersas durante 60 segundos, uma vez por dia, em duas soluções de fluoreto de sódio e duas de digluconato de clorexidina, em diferentes concentrações.

Cada cadeia sofreu um estiramento de 50% do seu tamanho, tendo sido, de seguida, fixada por pares de pinos de aço paralelos, estabilizados em placas de resina acrílica.

Foram estabelecidos dois parâmetros de avaliação das cadeias elásticas: a força e a resistência à tração. O primeiro parâmetro foi determinado através da utilização de um dinamómetro, e o segundo através da máquina de testes universais.

O registo dos parâmetros de avaliação e das características das cadeias elásticas foi efetuado primeiramente através de uma avaliação inicial onde as cadeias não foram expostas a nenhuma solução, e de seguida, ao 7º dia, ao 14º dia e ao 28º dia.

4. Hipóteses

Para este estudo foram definidas as seguintes questões de investigação:

Problema 1: será que a força das cadeias elásticas ortodônticas é influenciada pelo uso diário de soluções de fluoreto de sódio? E essa influência depende da concentração de flúor?

Hipótese Nula 1 (H0): o uso diário de uma solução de fluoreto de sódio (500 ppm de F^-) não afeta a força das cadeias elásticas ao longo do tempo.

Hipótese Alternativa 1 (H1): o uso diário de uma solução de fluoreto de sódio (500 ppm de F^-) afeta a força das cadeias elásticas ao longo do tempo.

Hipótese Nula 2 (H0): o uso diário de uma solução de fluoreto de sódio (248 ppm de F^-) não afeta a força das cadeias elásticas ao longo do tempo.

Hipótese Alternativa 2 (H1): o uso diário de uma solução de fluoreto de sódio (248 ppm de F^-) afeta a força das cadeias elásticas ao longo do tempo.

Problema 2: será que a força das cadeias elásticas ortodônticas é influenciada pelo uso diário de soluções de digluconato de clorexidina? E essa influência depende da concentração de digluconato de clorexidina?

Hipótese Nula 1 (H0): o uso diário de digluconato de clorexidina (0,12%) não afeta a força das cadeias elásticas ao longo do tempo.

Hipótese Alternativa 1 (H1): o uso diário de digluconato de clorexidina (0,12%) afeta a força das cadeias elásticas ao longo do tempo.

Hipótese Nula 2 (H0): o uso diário de uma solução de digluconato de clorexidina (0,2%) não afeta a força das cadeias elásticas ao longo do tempo.

Hipótese Alternativa 2 (H1): o uso diário de uma solução de digluconato de clorexidina (0,2%) afeta a força das cadeias elásticas ao longo do tempo.

Problema 3: será que o ponto de rutura das cadeias elásticas ortodônticas é influenciado pelo uso diário de fluoreto de sódio? E essa influência depende da concentração de flúor?

Hipótese Nula 1 (H0): o uso diário de uma solução de fluoreto de sódio (500 ppm de F⁻) não afeta o ponto de rutura das cadeias elásticas ao longo do tempo.

Hipótese Alternativa 1 (H1): o uso diário de uma solução de fluoreto de sódio (500 ppm de F⁻) afeta o ponto de rutura das cadeias elásticas ao longo do tempo.

Hipótese Nula 2 (H0): o uso diário de uma solução de fluoreto de sódio (248 ppm de F⁻) não afeta o ponto de rutura das cadeias elásticas ao longo do tempo.

Hipótese Alternativa 2 (H1): o uso diário de uma solução de fluoreto de sódio (248 ppm de F⁻) afeta o ponto de rutura das cadeias elásticas ao longo do tempo.

Problema 4: será que o ponto de rutura das cadeias elásticas ortodônticas é influenciado pelo uso diário de soluções de digluconato de clorexidina? E essa influência depende da concentração de digluconato de clorexidina?

Hipótese Nula 1 (H0): o uso diário de uma solução de digluconato de clorexidina (0,12%) não afeta o ponto de rutura das cadeias elásticas ao longo do tempo.

Hipótese Alternativa 1 (H1): o uso diário de uma solução de digluconato de clorexidina (0,12%) afeta o ponto de rutura das cadeias elásticas ao longo do tempo.

Hipótese Nula 2 (H0): o uso diário de uma solução de digluconato de clorexidina (0,2%) não afeta o ponto de rutura das cadeias elásticas ao longo do tempo.

Hipótese Alternativa 2 (H1): o uso diário de uma solução de digluconato de clorexidina (0,2%) afeta o ponto de rutura das cadeias elásticas ao longo do tempo.

Problema 5: será que existem diferenças na degradação de cadeias elásticas ortodônticas de marcas diferentes ao longo do tempo?

Hipótese Nula 1 (H0): a força das cadeias elásticas entre marcas não é diferente ao longo do tempo.

Hipótese Alternativa 1 (H1): a força das cadeias elásticas entre marcas é diferente ao longo do tempo.

Hipótese Nula 2 (H0): o ponto de rutura das cadeias elásticas entre marcas não é diferente ao longo do tempo.

Hipótese Alternativa 2 (H1): o ponto de rutura das cadeias elásticas entre marcas é diferente ao longo do tempo.

5. Revisão bibliográfica

5.1. Cadeias elásticas ortodônticas

5.1.1. História e evolução

Os elásticos ortodônticos em cadeia, elementos ativos do aparelho ortodôntico, são considerados auxiliares valiosos para o sucesso do tratamento ortodôntico (Singh et al., 2012). O termo mais adequado para designá-los é elastômero, isto é, um material que após uma deformação significativa é capaz de retornar rapidamente à sua forma original (Baty, Storie, & von Fraunhofer, 1994).

O primeiro elastômero conhecido e utilizado pelas civilizações Maias e Incas foi a borracha natural (Baty et al., 1994), obtida a partir de uma variedade de plantas, principalmente, a chamada planta da borracha (*Hevea brasiliensis*) (Wong, 1976), sendo originalmente composta em 25-40% por hidrocarboneto de borracha (cis 1,4 polisoprenol), juntamente com pequenas quantidades de material proteico e ácidos gordos (Nachan, Kalia, & Al-Shahrani, 2015).

No entanto, desde o início que se constatou que os elastômeros apresentavam limitações significativas como, por exemplo, a absorção de água e a instabilidade térmica,

o que levou, em 1839, Charles Goodyear, através do fenómeno da vulcanização, a tentar suprimir as falhas destes materiais e a melhorar as suas propriedades físicas, pela união lateral entre cadeias através da formação de ligações covalentes cruzadas (Baty et al., 1994; Martins et al., 2006; Wong, 1976). Com isto, a borracha natural transformou-se numa estrutura tridimensional mais elástica, flexível e termicamente mais estável, possibilitando a difusão do seu uso de uma maneira generalizada, e especificamente, na Ortodontia. Os primeiros ortodontistas que defenderam a sua aplicação na prática clínica foram Baker, Case e Angle (Baty et al., 1994; Singh et al., 2012).

Deste modo, os elásticos ortodônticos podem ser classificados, de acordo com o material constituinte, em elásticos de borracha ou látex, e em elásticos sintéticos ou plásticos (Henriques et al., 2003; Singh et al., 2012). Os primeiros são amplamente utilizados como auxiliares em aparelhos extra-orais, máscaras faciais, e ainda, como elásticos intermaxilares para corrigir a relação ântero-posterior, desvios da linha média e promover a intercuspidação (Loriato, Machado, & Pacheco, 2006).

O desenvolvimento da borracha natural e consequentemente, a produção de borracha sintética, pelos cientistas aduou-se à sua escassez devido à Primeira Guerra Mundial (1914-1918) (Martins et al., 2006). Assim, os elásticos sintéticos tiveram o seu início na década de vinte por petroquímicas (Araújo & Ursi, 2006), sendo fabricados por meio de transformações químicas do carvão, do petróleo e de certos álcoois vegetais (Henriques et al., 2003). A sua aplicabilidade clínica concretiza-se, fundamentalmente, na retração e encerramento de espaços, e ainda, como substitutos das ligaduras metálicas (Loriato et al., 2006).

Foram introduzidos na Medicina Dentária em 1960, e desde então, são parte integrante da clínica de Ortodontia até à atualidade contemporânea (Baty et al., 1994; Singh et al., 2012).

5.1.2. Cadeias elásticas ortodônticas

As cadeias elásticas ortodônticas aparecem no formato de rolo unido, que é seccionado consoante o número de elos pretendidos para cada situação clínica (Larrabee et al., 2012). Apresentam-se segundo um vasto leque de espessuras, tamanhos e configurações (aberta ou fechada) (Figura 1) (Weissheimer et al., 2013). Nas cadeias

elásticas do tipo fechado, os elos unem-se de modo contínuo uns aos outros, enquanto na forma aberta, há a presença de segmentos do mesmo material entre os elos, porém de diferentes comprimentos (Martins et al., 2006). Certos autores classificam ainda estes materiais, de acordo com a distância entre o centro de dois elos consecutivos, em curtas (3 mm), médias (3,6 mm) e longas (4 mm) (Henriques et al., 2003; Lariato et al., 2006).

Podemos encontra-las assumindo uma grande diversidade de cores (Halimi, Benyahia, Doukkali, Azeroual, & Zaoui, 2012), o que traz vantagens e desvantagens ao tratamento ortodôntico, isto porque apesar de motivar os pacientes a colaborarem, existe também evidência na literatura que demonstra que a pigmentação afeta as cadeias (Henriques et al., 2003), conduzindo a uma maior perda de força (Antony & Paulose, 2014).



Figura 1 – Existe uma grande diversidade de tipos de cadeias elásticas: diferentes cores e dimensões (Adaptado de Halimi et al., 2012).

Quimicamente, as cadeias elásticas apresentam-se como polímeros baseados em poliuretanos, com propriedades físicas e mecânicas superiores aos elásticos derivados da borracha natural (Weissheimer et al., 2013).

Os poliuretanos, não sendo polímeros diretos do uretano, são considerados polímeros lineares produzidos por uma reação química de poliadição entre um di-isocianato e um polioliol (Santos, Pithon, & Romanos, 2013; Wong, 1976; Young & Sandrik, 1979). O polioliol pode ser um poliéter ou um poliéster (Wong, 1976; Young & Sandrik, 1979).

Os elásticos derivados dos poliuretanos, após as reações químicas de polimerização que os originam, assumem-se como massas amorfas, cujas cadeias poliméricas possuem forças de tração relativamente fracas entre elas, e ligações químicas localizadas ao longo das cadeias de forma aleatória (Santos et al., 2013; Weissheimer et al., 2013).

Concludentemente, são submetidas a um processo denominado vulcanização, como já anteriormente explicado, que resulta na formação de ligações covalentes cruzadas, pela união lateral entre as cadeias moleculares, que fortalece a estrutura do elástico. Existem também outros fenômenos que visam melhorar as propriedades mecânicas destes materiais, nomeadamente, a adição de certos agentes químicos ao poliuretano, e a formação das chamadas cadeias virtuais cruzadas. Estas cadeias são ligações intermoleculares não covalentes, denominadas por pontes de hidrogénio e forças de *Van der Waals*, que se encontram distribuídas ao longo das cadeias lineares formadas pelos polímeros. É de destacar que, estas ligações não são obtidas por meio da adição de carga, como nas borrachas convencionais, mas sim determinada quimicamente pela composição interna dos materiais. Portanto, a evolução das técnicas de fabrico, o grau de tecnologia empregue e a qualidade da matéria-prima utilizada durante o processo de confeção determina a qualidade do produto final oferecido pelas empresas (Santos et al., 2013; Weissheimer et al., 2013).

Em conjunto levam à criação desta rede tridimensional, que resulta num produto final menos solúvel, mais estável termicamente, mais resistente, porém elástico (Santos et al., 2013; Weissheimer et al., 2013).

5.1.3. Aplicações clínicas das cadeias elásticas ortodônticas

A partir da década de 40, ortodontistas como Tweed e Strang, discordando da filosofia “não extracionista” de Angle, optavam pela exodontia como solução de tratamento em alguns casos. Tal conduziu à necessidade de se conceberem mecanismos para levar ao encerramento dos espaços remanescentes das extrações, após a correção dos apinhamentos (Moris, Sato, Facholli, Nascimento, & Sato, 2009; Neto, 2001).

As cadeias elásticas surgem na Ortodontia, para suprimir esta necessidade, sendo atualmente, dispositivos de extensa aplicabilidade (Losito, Lucato, Tubel, Correa, & Santos, 2014). São utilizadas para libertar forças leves e contínuas durante os mecanismos de encerramento de diastemas (Baratieri et al., 2012; Wong, 1976), correção de rotações, consolidar espaços (Baty, Volz, & Joseph, 1994), na retração de dentes (Araújo & Ursi, 2006; Baty et al., 1994; Wong 1976), e, particularmente, durante a retração do canino após a extração dos pré-molares (Alexandre, De Oliveira Júnior, Dressano, Paranhos, &

Scanavini, 2008). As cadeias servem, ainda, como ligaduras para fixar o arco aos *brackets* (Wong, 1976), sendo substitutos das ligaduras metálicas (Araújo & Ursi, 2006).

Para além dos produtos elastoméricos, como as cadeias elásticas e as ligaduras elásticas, existe um leque diversificado de materiais desenvolvidos para este fim, nomeadamente, molas incorporadas ou confeccionadas nos próprios arcos, molas de aço inoxidável e molas de níquel-titânio (NiTi) (Neto, 2001).

5.1.4. Vantagens das cadeias elásticas ortodônticas

Como já anteriormente mencionado, a prática clínica ortodôntica conta com o uso das cadeias elásticas desde a década de sessenta (Araújo & Ursi, 2006; Baty et al., 1994; Singh et al., 2012), sendo considerado o método mais popular para encerramento de espaços no geral (Mirhashemi et al., 2016).

Porque é que são materiais com tão grande empregabilidade na Ortodontia?

Segundo vários autores, as cadeias elásticas são consideradas ferramentas práticas, eficazes, fáceis de aplicar pelo clínico, económicas, confortáveis para os pacientes, não requerem a colaboração destes (Losito et al., 2014), e são pouco traumáticas (Henriques et al., 2003). Encontram-se ainda, disponíveis numa ampla gama de cores, que resulta na motivação do paciente, por questões estéticas, particularmente em pacientes jovens. (Henriques et al., 2003).

Existem outros materiais que cumprem as mesmas funções que os elásticos ortodônticos em cadeia, tais como, molas helicoidais fechadas, molas helicoidais abertas, molas de retração, *closing loop archwires*, e mais recentemente, ímanes (Von Fraunhofer, Coffelt, & Orbell, 1992).

As molas helicoidais são difíceis de higienizar, enquanto as molas de retração e o *closing loop archwires* podem provocar irritação da gengiva e da mucosa do paciente. Já os ímanes são volumosos, caros e também difíceis de higienizar (Von Fraunhofer et al., 1992).

5.1.5. Desvantagens das cadeias elásticas ortodônticas

Apesar das suas evidentes vantagens como anteriormente abordado, estes materiais apresentam importantes limitações, não podendo ser considerados ideais (Araújo & Ursi, 2006). Segundo Neto e Caetano (2010) o aparelho ortodôntico ideal deveria libertar forças constantes ao longo do tempo, para que a sua posterior desativação, por diminuição da força provocada pela movimentação dentária ou pela degradação do material, não levasse a modificações abruptas na magnitude da força. Contudo, os elásticos sintéticos em cadeia não satisfazem esta premissa (Neto & Caetano, 2010), uma vez que estão sujeitos a uma diminuição constante da sua elasticidade, desde o primeiro dia que são colocados na cavidade oral (Pithon et al., 2014). Segundo vários estudos estes materiais perdem cerca de 50-75% da sua força inicial, o que levanta dúvidas quanto à quantidade de força que transmitem aos dentes ao longo do tratamento (Halimi et al., 2012).

Qual o impacto das limitações destes materiais no tratamento ortodôntico? Para responder a esta questão, é necessário compreender o conceito de força ortodôntica ótima e de que forma ocorre o movimento dentário.

Este conceito tem vindo a ser clarificado ao longo do tempo pelos principais expoentes da literatura ortodôntica, contudo ainda não existe um consenso (Alexandre et al., 2008). Schwarz (1932) definiu, classicamente, a força ortodôntica ótima como sendo igual à força que o sangue exerce nas paredes dos vasos da microcirculação de 15 a 20 mmHg, correspondente a 20 a 26 g/cm² de superfície radicular, devendo ser apenas moderadamente superior (Alexandre et al., 2008; Schwarz, 1932). Diversos outros estudos sobre esta temática se seguiram, destacando-se o trabalho investigativo realizado por Reitan (1957), onde estabeleceu-se como valor de força ideal para movimentar um dente entre 25 g e 250 g, devendo esta força ser distribuída por toda a superfície radicular. Já Hixon (1969) considerou que a força ideal seria 2,5 g/mm² de área radicular (Alexandre et al., 2008).

Numa perspetiva mais atual, o conceito de força ideal segundo Moyers (1988) e Vellini (1996), é o de uma força de uma magnitude que permite obter a máxima resposta tecidual, sem dor ou reabsorção radicular e mantendo a saúde dos tecidos periodontais, produzindo deste modo, o movimento pretendido no mínimo espaço de tempo e com o mínimo de desconforto para o paciente (Alexandre et al., 2008; Baratieri et al., 2012).

Apesar disto, não existe evidência científica sobre a quantificação desta força, tendo-se considerado que seria recomendável as forças variarem entre 100 e 300 g para a retração do canino (Baratieri et al., 2012). Já os resultados dos estudos desenvolvidos por Storey e Smith (1952), Sleichter (1971) e Boester e Johnston (1974) apontam como valor médio da força ótima para o movimento ortodôntico do canino em torno das 200 g (Neto & Caetano, 2004).

Como se pode notar, este é um tema controverso, tendo-se apenas concluído a importância para um movimento dentário ideal, da aplicação de forças leves e contínuas (Mirhashemi, Saffarshahroudi, Sodagar, & Atai, 2012; Proffit, Fields, & Sarver, 2013; Ren, Maltha, & Kuijpers-Jagtman, 2003).

No fundo, ao não serem capazes de cumprir estes requisitos, as limitações destes materiais podem pôr em causa o sucesso do tratamento ortodôntico (Mirhashemi et al., 2012). É ainda de destacar como desvantagens destes materiais o comprometimento da higiene oral do paciente ortodôntico, e parecem também sofrer descoloração ao longo do tempo devido à absorção de fluídos da cavidade oral (Buchmann, Senn, Ball, & Brauchli, 2012).

5.2. Biomecânica das cadeias elásticas ortodônticas

5.2.1. Degradação das cadeias elásticas ortodônticas

A eficiência dos elásticos sintéticos em cadeia é determinada pela principal característica que os define – a sua elasticidade. Isto é, a capacidade de retornar às suas dimensões originais após a aplicação de uma força. Isto é determinado pelo padrão geométrico e pelo tipo de atração molecular existente nas cadeias elásticas (Alexandre et al., 2008).

Todavia a sua capacidade elástica apresenta limites, e estes materiais extremamente elásticos podem deixar de o ser, sofrendo um fenómeno designado deformação, e consequentemente dá-se um decréscimo significativo da força que exercem ao longo do tempo (Mirhashemi et al., 2012; Moris et al., 2009). Esta deformação pode assumir três formas: elástica, plástica ou viscoelástica (Anusavice, Shen, & Rawls, 2013). Isto pode

ser explicado através do diagrama de tensão-deformação, representado na Figura 2 (Proffit et al., 2013).

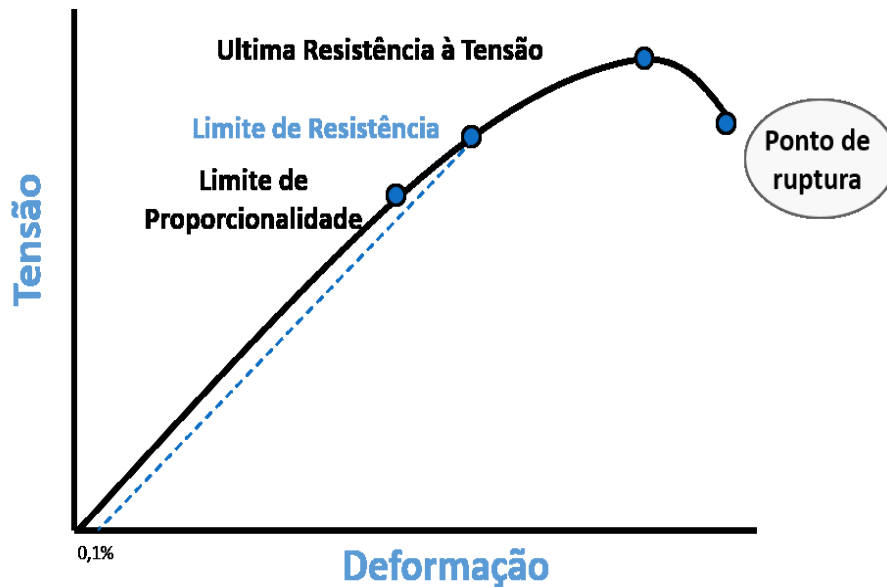


Figura 2 – Diagrama de tensão-deformação (Adaptado das aulas teóricas de Ortodontia II).

Este diagrama descreve o comportamento das cadeias elásticas em função de duas grandezas: a tensão (σ) e a deformação (ϵ). A primeira é a distribuição interna da força externa aplicada sobre o elástico por unidade de área, já a deformação representa a distorção interna produzida por essa força por unidade de comprimento do material (Proffit et al., 2013). Inicialmente, o diagrama descreve um segmento de reta que indica que a tensão e a deformação são diretamente proporcionais, por este motivo à medida que é aplicada uma força à cadeia elástica, como elastômero que é, responde recuperando totalmente e rapidamente a sua forma original, através das suas cadeias moleculares que se estendem e se enrolam novamente, como está representado na Figura 3 (Anusavice et al., 2013; Proffit et al., 2013). A isto chama-se deformação elástica ou reversível, traduzida matematicamente pelo Módulo de *Young* ou de Elasticidade (Figura 4). Esta constante corresponde à inclinação (coeficiente angular) do segmento de reta do diagrama, indicando a resistência do material à sua deformação elástica (Anusavice et al., 2013).

A partir desta fase e se a força não for removida, é ultrapassado o limite de proporcionalidade ou elasticidade do material, isto é, a carga máxima que a cadeia elástica

pode suportar sem sofrer uma deformação permanente (Proffit et al., 2013). Em consequência disto, ocorre o afastamento entre os seus átomos, provocada pelo deslizamento das cadeias moleculares constituintes, formando-se novas ligações atômicas, e o elástico adota uma nova e permanente forma. Chama-se a esta deformação de plástica ou irreversível (Anusavice et al., 2013; Proffit et al., 2013).

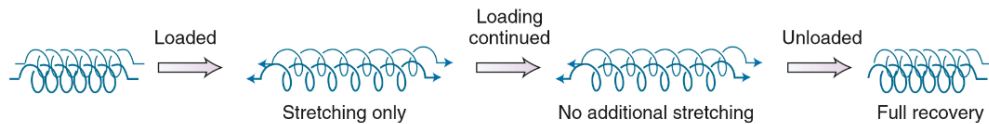


Figura 3 - Representação esquemática da deformação elástica ou reversível sofrida por um elastômero (Adaptado de Anusavice et al., 2013).

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{\frac{F}{A_o}}{\frac{\Delta L}{L_o}} = \frac{FL_o}{A_o \Delta L}$$

Figura 4 – Módulo de *Young* ou de Elasticidade (GPa): fórmula matemática. Quanto mais horizontal estiver o segmento de reta do diagrama de tensão-deformação, menor é o Módulo de *Young* e maior é a elasticidade do material (Adaptado de Anusavice et al., 2013).

A partir daqui a força aplicada cria uma deformação irreversível da cadeia elástica igual ou superior a 0,1% (limite de resistência) (Figura 2). Se após isto remover-se a carga aplicada, dá-se uma recuperação instantânea da forma original da cadeia, graças à sua porção elástica. Porém esta recuperação é apenas parcial, sendo que a sua porção plástica sofre uma deformação permanente. Designa-se a esta deformação de viscoelástica (Figura 5) (Anusavice et al., 2013).

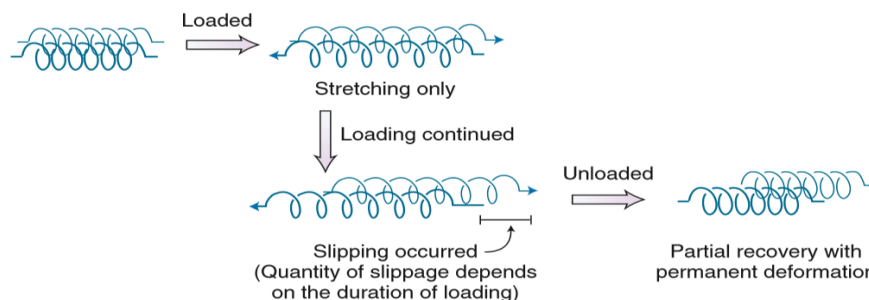


Figura 5 – Representação esquemática da deformação viscoelástica sofrida por um elastômero (Adaptado de Anusavice et al., 2013).

No entanto, se a força aplicada continuar indefinidamente, ocorre a chamada última resistência à tensão, que é o ponto a partir do qual a deformação que o elástico sofre leva à perda das capacidades físicas deste material (Proffit et al., 2013), com a quebra das suas ligações intermoleculares e, conseqüentemente, rutura do material (Figura 2) (Eliades, Eliades, Silikas, & Watts, 2004; Mattos, 2013; Proffit et al., 2013).

Os mecanismos responsáveis pela deformação dos elásticos ortodônticos estão relacionados com fatores intrínsecos ao material, nomeadamente, a composição química, tipo de ligações intermoleculares (Proffit et al., 2013), configuração da cadeia (aberta ou fechada), ou a adição de corantes; ou fatores extrínsecos, tais como, composição da saliva, variações de pH dentro da cavidade oral, temperatura, pigmentos, pré-estiramento da cadeia, alimentação do paciente, grau de higiene oral, e efeitos da mastigação. Dentro destes destaca-se como principais fatores responsáveis pela deformação destes materiais, a infiltração da cadeia e o estiramento do elástico (Mirhashemi et al., 2012).

A infiltração da cadeia deve-se principalmente à sensibilidade que apresenta quando exposta a sistemas de radicais livres, tais como o ozono e a luz ultravioleta. O ozono quebra as ligações duplas insaturadas à medida que a molécula de água é absorvida (Baty et al., 1994; Martins et al., 2006; Wong, 1976), formando-se pontes de hidrogénio entre as moléculas de água e as do elastômero (Kochenborger, Silva, Marchioro, Vargas, & Hahn, 2011), levando ao preenchimento dos espaços vazios na matriz do elastômero com fluídos e detritos bacterianos, que resulta no inchaço, coloração e, conseqüente enfraquecimento das forças intermoleculares na estrutura química da cadeia polimérica (Baty et al., 1994; ; Kochenborger et al., 2011; Martins et al., 2006; Wong, 1976).

O estiramento da cadeia provoca o fenómeno de relaxamento que conduz à sua deformação, e consequentemente, perda de força. Segundo Carrillo (2013), quanto mais estirada a cadeia elástica for, e durante mais tempo, menor será a tensão que é capaz de exercer.

Para responder a esta problemática foram feitos diversos estudos que apontam diferentes métodos para contornar esta situação. Assim, Andreasen e Bishara (1970) sugeriram provocar um *over-stretch* das cadeias elásticas para proporcionar níveis mais elevados da força inicial que iriam transmitir aos dentes. Contudo, foi posteriormente, verificado que isto tinha um efeito nefasto, causando desconforto ao paciente e outras complicações como reabsorção radicular. Já Kovatch *et al.* (1976) recomendou que o estiramento das cadeias elásticas fosse feito de forma mais lenta ao longo do tratamento (Kim, Chung, Choy, Lee, & L.Vandarsdall, 2005).

Outra hipótese possível é realizar um pré-estiramento das cadeias elásticas, isto é, estirá-la antes desta ser estirada com a tensão nos dentes (Kim *et al.*, 2005). Têm sido realizados vários estudos para avaliar a eficácia do pré-estiramento das cadeias elásticas na redução da perda de tensão ao longo do tempo de tratamento, contudo os resultados têm sido controversos. Young e Sandrick (1979) observaram que o pré-estiramento aumenta significativamente a força remanescente das cadeias elásticas nas primeiras 24h. Chang (1987) comparou a eficácia do pré-estiramento das cadeias elásticas a 100%, 200% e 300% do seu comprimento inicial, tendo aconselhado o estiramento a 100% como sendo o mais efetivo na redução da perda da força elástica. Já, por sua vez, Baty *et al.* (1994) concluíram não existir qualquer benefício no pré-estiramento dos elásticos ortodônticos (Kim *et al.*, 2005).

No entanto, em 2012, Buchmann, Senn, Ball e Brauchli avaliaram comparativamente a eficácia do pré-estiramento a 50% e 100% do comprimento inicial dos elásticos ortodônticos em cadeia, tendo percebido que o pré-estiramento a 50% levava a que força inicial variasse entre 2,3 N e 4,1 N, e o pré-estiramento a 100% variasse entre 3 N a 4,7 N. Estes valores são clinicamente importantes, tendo sido apontado que valores acima dos 3 N são considerados excessivos para o movimento de um único dente (Buchmann *et al.*, 2012).

5.3. Higiene oral no tratamento ortodôntico

Os pacientes submetidos ao tratamento ortodôntico são mais suscetíveis a determinadas patologias como a cárie, lesões de cárie incipientes (*white spots*), gengivite ou recessões gengivais (Bardal et al., 2011), tal deve-se principalmente à maior retenção de placa bacteriana junto aos acessórios ortodônticos, tais como, as bandas, os arames e os *brackets*, mais difíceis de higienizar pelo paciente (Ficho, Capistrano, Castro, Cardoso & Almeida-Pedrin, 2014).

Além disto, segundo diversos estudos microbiológicos que têm vindo a ser feitos em pacientes submetidos a tratamento ortodôntico, constatou-se que após a colocação dos aparelhos ocorre um aumento significativo do número de bactérias, particularmente *Streptococcus mutans*, considerado o microrganismo cariogénico de excelência, e *Lactobacillus* spp. proporcionando o aparecimento de infeções orais (Bardal et al., 2011; Ficho et al., 2014; Sala, García, Sala, & García, 2005). Quando estas bactérias aderem à superfície dos dentes irão multiplicar-se, formando uma camada espessa de biofilme, dificultando que o oxigénio chegue às bactérias que se encontram nas porções mais internas. Estas, consequentemente, sofrem alterações fenotípicas, tornando o metabolismo anaeróbio o único possível. Contudo, as bactérias anaeróbias produzem ácido láctico proveniente do metabolismo dos hidratos de carbono, conduzindo a um decréscimo do pH. Com isto, ocorre uma dissolução dos iões de cálcio e de fosfato superior à sua deposição, provocando uma desmineralização dentária, que por sua vez, surge no esmalte como uma mancha branca opaca, designada *white spot* (Sala et al., 2005; Stanguerlin, 2015). Segundo Ogaard (2008) o desenvolvimento do *white spot* é um processo rápido, que quando o paciente não usa fluoretos, pode tornar-se visível dentro de um mês, o que equivale geralmente ao período entre consultas de ortodontia (Stanguerlin, 2015).

Outro fator a considerar foi estudado por Hirce (1960) onde verificou que a desmineralização provocada pelo ataque ácido ao esmalte, para se proceder à adesão na cimentação dos acessórios ortodônticos, tornava os pacientes ortodônticos como pacientes de alto risco para a cárie dentária (Santos, 2013).

É de destacar que a cavidade oral ao constituir uma porta de entrada de microrganismos para o corpo humano (Van der Weijden, Van der Sluijs, Ciancio, & E.

Slot, 2015), torna possível que patologias várias de ordem odontológica afetem sistemas do organismo humano, como o sistema nervoso central, cardiovascular, respiratório, urinário, osteoarticular, entre outros (Pegado, 2010). Podendo conduzir a doenças respiratórias, articulares, cardíacas ou até mesmo neoplasias quando uma infecção se torna crônica (Silva, 2016).

Torna-se necessário alertar os doentes para alguns cuidados fundamentais quanto à sua higiene oral antes da colocação do aparelho, e reforçar estas instruções, motivando o paciente, ao longo do tratamento (Bardal et al., 2011).

A higiene oral nos pacientes com aparelho fixo demora, no mínimo, dez minutos (Bardal et al., 2011). Tal exige cuidado, disciplina e paciência, sendo muitas vezes necessário instrumentos acessórios como os “passadores de fio” para facilitar a passagem do fio dentário para garantir acesso às regiões interproximais (Ficho et al., 2014).

Assim, o sucesso do tratamento ortodôntico está em corrigir a oclusão da maneira mais satisfatória possível sem, contudo, alterar a higidez preexistente dos dentes e tecidos de suporte. Cabe aos médicos dentistas a responsabilidade de, por um lado, atuar na prevenção de doenças, minimizando os riscos, e promovendo condições favoráveis para que se torne possível alcançar e manter a saúde oral e, por outro lado, de consciencializar o papel do paciente sob a sua própria saúde, motivando-o para a execução de uma boa higiene oral que é a chave para o sucesso do tratamento (Bardal et al., 2011).

5.4. Colutórios em Ortodontia

Apesar da evidente importância da higiene oral na população, particularmente, nos pacientes submetidos a tratamento ortodôntico, vários estudos demonstram que a maioria não consegue fazer um controlo mecânico da placa bacteriana de forma precisa e eficaz (Haas et al., 2014). Neste sentido, e para colmatar esta limitação, investigaram-se outros métodos como os agentes químicos que fossem utilizados como complementares da escovagem e do fio dentário, estando comprovado que o seu uso em simultâneo torna-se mais vantajoso para o doente que o controlo mecânico isolado, nomeadamente, na redução da placa bacteriana e inflamações gengivais (Haas et al., 2014).

Desta forma, os colutórios orais têm sido aplicados por mais de 5000 anos na prática clínica para controlo da placa bacteriana (Parashar, 2015; Van der Weijden et al., 2015). Segundo Bullock e Manias (2013) são definidos como agentes químicos utilizados em tecidos vivos, com a finalidade de destruir ou inibir o crescimento dos microrganismos (Bullock & Manias, 2013; Relvas, 2015). São, assim, um método complementar de higiene oral efetivo, simples e de baixo custo, sendo por isso, largamente prescrito tanto para uso individual (domiciliar) ou em programas preventivos aplicados à população (por exemplo, nas escolas) (Ellwood & Fejerskov, 2005).

5.5. Composição química dos colutórios

5.5.1. Agentes catiónicos

a. Clorexidina

A clorexidina (CHX) é uma biguanida catiónica, frequentemente recomendada durante o tratamento ortodôntico, sendo considerada o agente antimicrobiano de excelência no controlo do biofilme (Emilson, 1994; Sala et al., 2005), isto porque não induz resistência bacteriana e apresenta alta substantividade intra-oral (Sala et al., 2005).

Pode ser encontrada sob 3 formas químicas: digluconato, acetato e hidrocloreto. A forma mais comum comercialmente é a de digluconato, a qual apresenta maior atividade, devido à sua solubilidade (Parashar, 2015; Relvas, 2015; Sala et al., 2005).

É extremamente ativa contra organismos gram-positivos e gram-negativos, anaeróbios facultativos e aeróbios (Relvas, 2015; Sala et al., 2005; Van der Weijden et al., 2015), e ainda fungos e alguns vírus lipofílicos (Sala et al., 2005).

É difícil obter a sua formulação na forma de dentífrico, sendo preferível a sua utilização em colutórios. Por norma as concentrações mais utilizadas em Medicina Dentária são nas percentagens 0,12% e 0,2% (Tartaglia, Kumar, Fornari, Corti, & Connelly, 2016). Ambas as concentrações são igualmente efetivas no controlo da placa bacteriana, contudo no tratamento da gengivite a concentração de 0,2% é mais eficaz (Sala et al., 2005).

b. Cloreto de cetilpiridínio

O cloreto de cetilpiridínio é um composto de amónia quaternária com uma atividade antimicrobiana moderada (Parashar, 2015; Tartaglia et al., 2016). Atua ao provocar a rutura da membrana celular das bactérias, ao ligar-se a estas devido à sua natureza catiónica. É muitas vezes comparado à clorexidina, no entanto, não apresenta a sua efetividade (Parashar, 2015).

5.5.2. Agentes fluoretados

c. Flúor

As aplicações tópicas de flúor, particularmente através da prescrição de colutórios, têm vindo a disseminar-se na Medicina Dentária, em pacientes de alto risco para a cárie dentária, como por exemplo os pacientes ortodônticos. Nestes pacientes a escovagem, apesar de fundamental, é insuficiente para promover a desorganização da placa bacteriana, uma vez, que existem zonas, principalmente, à volta dos *brackets* e bandas de difícil acesso à escova (Baratieri, Junior, Andrade, Vieira, & Ritter, 2002).

Atualmente, sabe-se que o flúor é capaz de interferir com a dinâmica do processo da cárie dentária, reduzindo substancialmente a perda de estrutura dentária, ou seja, têm um papel contra a desmineralização, e ainda, uma ação na remineralização, ao levar ao aumento 2 a 4 vezes da capacidade da saliva em repor os minerais perdidos (Baratieri et al., 2002).

É, assim, recomendado combinar o método mecânico (escovagem manual) com um método químico, particularmente, bochechos diários de fluoreto de sódio, como forma preventiva em pacientes submetidos a tratamento ortodôntico (Baratieri et al., 2002).

5.5.3. Óleos essenciais e derivados fenólicos

d. Óleos essenciais

São exemplos o timol, eucaliptol e mentol. Atuam por destruição da célula bacteriana e inibição das enzimas bacterianas. Apresentam, ainda, uma ação anti-inflamatória, e inibem a atividade das prostaglandinas e de antioxidantes. Segundo Sharma et al. (2004)

os colutórios que contém óleos essenciais são efetivos na redução da halitose e da gengivite (Parashar, 2015).

e. Triclosan

É um antisséptico frequentemente encontrado nos colutórios, uma vez que apresenta um largo espectro antibacteriano, biocompatibilidade e adicionalmente, apresenta propriedades anti-inflamatórias (Davies, Scully, & Preston, 2010). Devido a ser um composto não iônico pode ser combinado com o flúor, no entanto, apresenta baixa substantividade (Sala et al., 2005).

5.5.4. Outros

f. Álcool

É possível encontrar etanol (5-27%) nos colutórios de higiene oral. Têm uma ação sob as bactérias, fungos e vírus, provocando a sua desnaturação proteica e dissolução lipídica. No entanto, estão longe de ser considerados ideais uma vez que provocam alterações nas propriedades mecânicas das resinas compostas, por exemplo, a sua pigmentação. Estão contraindicados em crianças (Parashar, 2015), pacientes com inflamações na mucosa, viciados em álcool (Tartaglia et al., 2016), e pacientes com xerostomia (Sala *et al.*, 2005). Certos autores, como McCulloch e Farah (2008), defendem que pode levar ao desenvolvimento de cancro oral, apesar de este ser um tema controverso, não existindo um consenso (Parashar, 2015). É, no entanto, atualmente recomendado a utilização de colutórios sem álcool (Sala et al., 2005; Tartaglia et al., 2016).

g. Bicarbonato de sódio

Apresentam uma ação ao nível do pH salivar. Está indicado em pacientes com xerostomia e com erosão dentária (Parashar, 2015).

5.6. Estudos precedentes

Na Tabela 1 podem ser apreciados alguns estudos *in vitro* precedentes, nos quais se procedeu à avaliação das cadeias elásticas quando imersas em distintas substâncias de higiene oral que são frequentemente prescritas durante o tratamento ortodôntico. É de destacar que não há nenhum estudo igual ao presente, contudo, foram feitos alguns estudos com objetivos e pontos similares que serão aqui apresentados.

Tabela 1 - Resumo de estudos *in vitro* precedentes.

ANO	AUTORES	OBJETIVOS	SOLUÇÕES TESTE	METODOLOGIA	RESULTADOS/ DISCUSSÃO
1992	Von Fraunhofer, Coffelt, & Orbell	Avaliar a degradação das cadeias elásticas submetidas a saliva artificial e tratamentos tópicos de fluoreto.	-Água destilada -Saliva artificial -Solução de cloreto de sódio a 0,4% -Solução de fluoreto de estanho a 0,4% -Solução de fosfato fluorídrico acidulado	<u>Duração do estudo</u> : 4 semanas. <u>Teste utilizado</u> : medição da força com o dinamómetro.	As cadeias elásticas imersas em água destilada e fosfato fluorídrico acidulado apresentaram uma maior perda de força que as cadeias só expostas ao ar.
2012	Pithon, Santana, Sousa, & Farias	Avaliar o efeito de diferentes concentrações de clorexidina na perda de força das cadeias elásticas ortodônticas.	-Água destilada -Solução de clorexidina a 0,12% -Solução de clorexidina a 0,2% -Colutório Periogard® 0,12% -Colutório Cleanform® 0,2%	<u>Duração do estudo</u> : 28 dias. <u>Tempo de imersão</u> : 2x ao dia (60 segundos). <u>Tamanho do segmento elástico</u> : 5 argolas. <u>Teste utilizado</u> : medição da força com o dinamómetro.	Existiu uma perda de força significativa ao 14º dia nos grupos das cadeias submetidas à clorexidina a 0,12% e ao colutório Cleanform® 0,2%; e ao 28º dia entre o grupo da água destilada e os restantes grupos. O grupo da CHX 0,12% foi o que afetou mais as cadeias elásticas.

					Porém, os autores concluíram que a CHX não influenciava a perda de força elástica.
2013	Pithon, Rodrigues, Sousa, Santos, & Soares	Avaliar se os colutórios que apresentam agentes branqueadores influenciam a perda de força das cadeias elásticas ortodônticas.	-Água destilada -Saliva Artificial -Colutório Colgate Plax® -Colutório Colgate Plax Whitening® -Colutório Listerine® -Colutório Listerine Whitening®	<u>Duração do estudo:</u> 28 dias. <u>Tempo de imersão:</u> constante. <u>Teste utilizado:</u> medição da força com o dinamômetro.	O grupo da água destilada e do colutório Colgate Plax Whitening® mantiveram a mesma força ao longo do tempo. Concluíram que a adição de um agente branqueador não influencia na degradação da força das cadeias elásticas.
2013	Bratu, Pop, Balan, Dudescu, Petrescu, & Popa	Avaliar o efeito de diferentes salivas artificiais nas propriedades das cadeias elásticas ortodônticas.	-Saliva Artificial -Saliva artificial contendo Coca Cola® -Saliva artificial contendo fluoreto de sódio	<u>Duração do estudo:</u> 28 dias. <u>Tempo de imersão:</u> constante. <u>Teste utilizado:</u> medição da força com o dinamômetro.	Todas as soluções provocaram degradação das cadeias elásticas ao longo do tempo. Existiu uma maior degradação das cadeias expostas ao fluoreto de sódio.
2013	Santos, Pithon, & Romanos	Avaliar o efeito do pH na degradação das cadeias elásticas ortodônticas.	-Saliva Artificial a pH 5.0 -Saliva Artificial a pH 6.0 -Saliva Artificial a pH 7.5	<u>Duração do estudo:</u> 28 dias. <u>Tempo de imersão:</u> constante. <u>Teste utilizado:</u> medição da força com o dinamômetro.	Constatou-se que o pH não apresenta um papel direto na degradação das cadeias elásticas.
2015	Omidkhoda, Rashed, & Khodarahmi	Avaliar os efeitos de 3 colutórios na degradação das cadeias elásticas ortodônticas.	-Saliva Artificial -Colutório de CHX a 0,2% -Colutório pérsica -Colutório de fluoreto de sódio	<u>Duração do estudo:</u> 4 semanas. <u>Tempo de imersão:</u> 1x ao dia (60 segundos). <u>Tamanho do segmento</u>	Verificou-se maiores taxas de perda de força no grupo da clorexidina, após as 4 semanas. Os autores concluíram

				<p><u>elástico</u>: de 7 e de 5 argolas.</p> <p><u>Teste utilizado</u>: medição da força com o dinamômetro. Os elásticos foram submetidos a 10 ciclos de Termo ciclagem (entre 5 a 55°C).</p>	<p>que a clorexidina degradava as cadeias elásticas, sendo preferível o uso do colutório de pérsica.</p>
2016	Javanmardi & Salehi	<p>Avaliar o efeito de 3 colutórios na degradação das cadeias elásticas e das molas helicoidais de NiTi.</p>	<p>-Saliva Artificial</p> <p>-Colutório Orthokin®</p> <p>-Colutório Sensikin®</p> <p>-Solução pérsica</p>	<p><u>Duração do estudo</u>: 3 semanas.</p> <p><u>Tempo de imersão</u>: 2x ao dia (60 segundos).</p> <p><u>Tamanho do segmento elástico</u>: 5 argolas.</p> <p><u>Teste utilizado</u>: medição da força com o dinamômetro.</p>	<p>O uso dos três colutórios não influenciou a degradação de força das cadeias elásticas. Contudo, as cadeias elásticas que foram expostas ao colutório Orthokin® (contendo CHX e fluoreto de sódio) são as que exibiram maior perda de força, ao longo das 3 semanas.</p>

Após a análise dos resultados obtidos em estudos anteriores, percebe-se que não há um consenso quanto ao efeito que o fluoreto de sódio e o digluconato de clorexidina apresentam sob as cadeias elásticas. Existem poucos estudos, sendo que a maioria utiliza como soluções teste de colutórios, que apresentam uma grande variedade de substâncias na sua composição, sendo por este motivo difícil de determinar o verdadeiro efeito que o fluoreto de sódio e o digluconato de clorexidina exercem na perda de força das cadeias elásticas ortodônticas.

II. Materiais e Métodos

1. Métodos de pesquisa bibliográfica

Para a concretização desta investigação e respetiva revisão bibliográfica, a estratégia de pesquisa utilizada foi suportada pelos motores de busca e as bases de dados da *PubMed*, da *B-on* e do Google Académico. Utilizaram-se alguns livros com relevância, e ainda, revistas especializadas na área de Ortodontia, tais como, o *The Angle Orthodontist* e o *European Journal of Orthodontics*. Foram analisados artigos nas seguintes línguas: inglês, português e espanhol.

A pesquisa realizada utilizou como palavras-chave: *orthodontics elastomeric chains*, *degradation of the elastic chains*, *oral hygiene in Orthodontics*, *fluorine mouthwashes*, *chlorhexidine mouthwashes*, *degradation of the elastomer by fluoride*, *degradation of the elastomer by chlorhexidine*, *force decay*, *tensile load* e *breaking point*.

Após se ter feito a pesquisa bibliográfica verificou-se a existência de apenas sete estudos que abordam esta problemática (Tabela 1, Introdução), não tendo sido encontrado nenhum estudo igual ao presente.

2. Tipo de Estudo

Estudo experimental *in vitro*, analítico e prospetivo, que pretende aferir conclusões sobre a possível influência que soluções de fluoreto de sódio e digluconato de clorexidina elaboradas em concentrações equivalentes às encontradas nos colutórios de higiene oral, podem ter sobre cadeias elásticas ortodônticas de três marcas diferentes disponíveis no mercado.

3. Local do Estudo

O trabalho experimental divide-se em duas fases: a preparação das soluções de saliva artificial, de fluoreto de sódio e de digluconato de clorexidina e a incubação dos materiais em estufa, que foi realizado nos Laboratórios gerais do ISCSEM; e a avaliação da influência das soluções anteriormente referidas nas cadeias elásticas, que foi concretizado no Laboratório de Materiais do ISCSEM.

4. Amostra

4.1. Cadeias Elásticas Ortodônticas

Foram utilizados 624 segmentos de cadeias elásticas (n=624) de três marcas disponíveis no mercado. As marcas testadas foram a 3M Unitek® (Figura 6 e 7), aOrmco® (Figura 8 e 9) e a TP Orthodontics® (Figura 10 e 11), tendo sido utilizados 195 segmentos de cadeia de cada marca.

Optou-se por cadeias do tipo fechado e de cor transparente, de forma a que a avaliação fosse efetuada em iguais condições para as três marcas.

Até ao início da experiência, as cadeias elásticas foram mantidas nas suas embalagens originais, conservadas fora da luz, eliminando, assim, a instabilidade que pudesse ser provocada por variações na temperatura e na luminosidade.

Os segmentos de cadeias foram cortados com 20 mm de comprimento das marcas 3M Unitek® e TP Orthodontics®, e de 21 mm da marca Ormco®, ficando cada segmento com oito argolas de elástico.



Figura 6 – Segmento de elástico da marca 3M Unitek®.



Figura 7 – Embalagem da marca 3M Unitek®.



Figura 8 – Segmento de elástico da marcaOrmco®.



Figura 9 - Embalagem da marca Ormco®.



Figura 10 – Segmento de elástico da marca TP Orthodontics®.



Figura 11 – Embalagem da marca TP Orthodontics®.

5. Metodologia de Investigação

5.1. Soluções de fluoreto de sódio, de digluconato de clorexidina e saliva artificial

Foram preparadas em água desionizada esterilizada duas soluções de fluoreto de sódio da marca Merck KGaA® (Germany) contendo 248 e 500 ppm de flúor, e duas soluções de digluconato de clorexidina a 0,12% e 0,2% da marca Sigma-Aldrich® (United States) (Figura 12). O pH destas soluções foi confirmado a pH neutro (pH=7).

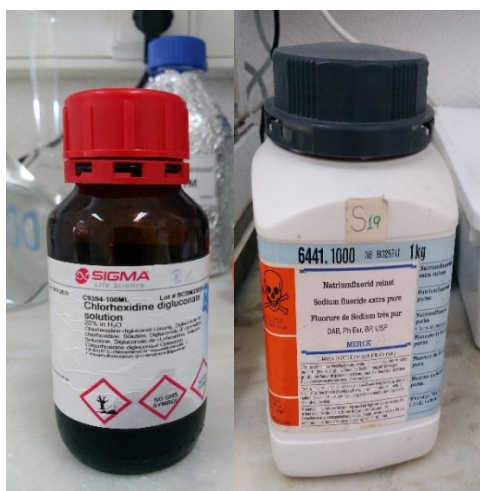


Figura 12 - Recipiente de digluconato de clorexidina da marca Sigma-Aldrich® (à esquerda) e de fluoreto de sódio da marca Merck KGaA® (à direita).

Foi, ainda, preparado, em água desionizada esterilizada a pH 6,4, saliva artificial segundo a formulação Fusayama/Meyer (Fusayama, Katayori, & Nomoto, 1963) (Anexo V) com a seguinte composição:

- NaCl (cloreto de sódio) – 0,4g
- KCl (cloreto de potássio) – 0,4g
- $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (cloreto de cálcio dihidratado) – 0,906g
- $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (dihidrogenofosfato de sódio) – 0,39g
- Na_2HPO_4 (fosfato dissódico) – 0,142g
- $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ (sulfureto de sódio) – 0,005g
- Ureia – 1g
- Água destilada

5.2. Placas de Resina Acrílica

Para a realização desta investigação foi necessário o fabrico de placas de resina acrílica (Figura 13) que têm como objetivo estabilizar as cadeias elásticas e mantê-las em extensão.

Assim, foram fabricadas 15 placas de resina acrílica, com um comprimento de 40 cm, 12 cm de largura e com uma espessura de 1,5 cm. Em cada uma das placas executou-se 78 furos, para posteriormente, serem soldados dois-a-dois pinos de aço paralelos. Estes pinos possibilitam a colocação de 39 cadeias por placas, treze de cada marca, com uma distância de seis milímetros entre cadeias.

Foram feitos orifícios a uma distância de 30 mm para as marcas 3M Unitek® e TP Orthodontics® e de 31,5 mm para os segmentos de cadeia da marca Ormco®, para possibilitar que cada cadeia elástica alcance um estiramento de 50% do seu comprimento inicial.



Figura 13 – Exemplar da placa de resina acrílica.

5.3. Incubação

As placas de resina acrílica foram submergidas em saliva artificial e colocadas numa estufa de incubação (Memmert INE 400, Germany) às escuras e a uma temperatura de $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

As placas foram divididas em cinco grupos: o **Grupo 1** foi considerado o grupo controlo, constituído pelas placas não sujeitas a qualquer outro tratamento, o **Grupo 2** é constituído pelas placas mergulhadas, diariamente, na solução de fluoreto de sódio com 248 ppm de F^- , no **Grupo 3** estão as placas submersas na solução de fluoreto de sódio

com 500 ppm de F^- , no **Grupo 4** é constituído pelas placas submetidas na solução de digluconato de clorexidina a 0,12% e, finalmente, o **Grupo 5** constituído pelas placas submetidas a digluconato de clorexidina a 0,2% (Figura 14).



Figura 14 – Cadeias elásticas ortodônticas em extensão mergulhadas em saliva artificial, numa estufa incubadora a 37°C.

Uma vez por dia, os grupos experimentais 2 a 5 foram retirados do recipiente que contém a saliva artificial, seguidamente foi executado um protocolo de lavagem onde as cadeias eram submetidas a água destilada durante 30 minutos. De seguida eram submergidas, durante 60 segundos, nas soluções testes, simulando o uso de um colutório de higiene oral pelo paciente. Após a repetição do protocolo de lavagem anteriormente explicado, cada placa de acrílico era novamente colocada em saliva artificial e introduzida na estufa incubadora.

5.4. Avaliação das cadeias elásticas ortodônticas

Foram estabelecidos dois parâmetros de avaliação da possível degradação sofrida pelas cadeias elásticas ao longo do tempo: a determinação da força por estas exercida e a determinação do seu ponto de rutura através do teste à tração.

O registo dos parâmetros de avaliação e das características das cadeias elásticas foi efetuado primeiramente através de uma avaliação inicial onde as cadeias não foram

distendidas nem foram expostas a nenhuma solução, e de seguida, em três períodos distintos: ao 7º dia, ao 14º dia e, por último, ao 28º dia. Assim, nestes dias as placas correspondentes foram transportadas para o laboratório e, cada segmento de elástico foi avaliado individualmente.

5.4.1. Determinação da força exercida pelas cadeias elásticas

A avaliação da tensão elástica foi determinada através da utilização de um dinamómetro da marca *Dentaurum*® (50-500gramas, Germany) (Figura 15).



Figura 15 – Dinamómetro da marca *Dentaurum*® (50-500gramas).

Uma ponta do segmento elástico foi presa na ponta do dinamómetro, ficando a outra ponta do elástico presa ao pino da placa de acrílico, de seguida, esticava-se de forma a medir a força de tensão, em gramas, dos elásticos em cadeia quando sujeitos a uma extensão de 50% do seu tamanho inicial.

5.4.2. Determinação do ponto de rutura das cadeias elásticas

Para determinar o ponto de rutura, foi feito o teste à tração, com recurso à máquina de teste universal Shimadzu Autograph AG-IS (Kyoto) (Figura 16).

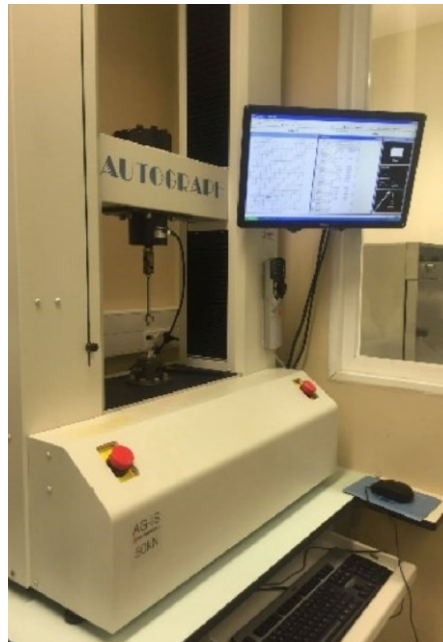


Figura 16 – Máquina de Teste Universal Shimadzu Autograph AG-IS.

Para tal, foi desenhado um *jig* com dois postes fixados por um parafuso (Figura 17).



Figura 17– Representação do *Jig*. O elástico foi colocado sobre os apoios de cada uma das peças do *jig*. Este foi inserido na máquina universal de testes, dando-se início ao teste à tração.

Cada segmento de elástico ortodôntico em cadeia foi esticado entre os dois postes, sendo de seguida, tracionado a uma velocidade constante de 100 mm/min (Figura 18).

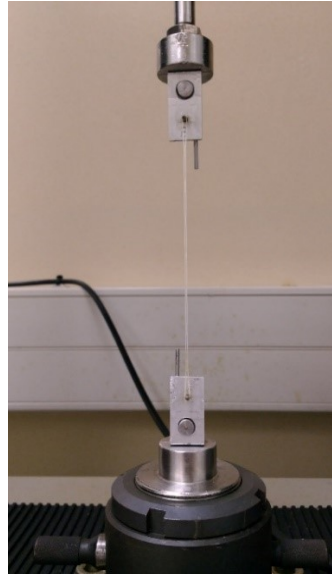


Figura 18 – Teste à tração do elástico ortodôntico em cadeia.

Nos dias de avaliação, com o objetivo de evitar alterações da amostra, as placas de acrílico foram levadas para o Laboratório de Materiais, e com o auxílio de uma pinça de *mathieu*, de forma a proporcionar o menor trauma possível, as cadeias elásticas foram separadas do pino de aço, e colocadas, imediatamente, sob a ponta do dinamómetro, para registo da força exercida à distância estabelecida e, de seguida, o segmento elástico era colocado no *jig* da máquina de testes universais, previamente preparado na posição adequada, executando-se o teste à tração. Este procedimento foi repetido para cada segmento elástico dos cinco grupos em avaliação.

6. Metodologia Estatística

A análise estatística foi realizada recorrendo ao programa *IBM® SPSS (Statistical Package for the Social Sciences)* versão 24.0 para *Windows®*.

Inicialmente, inseriu-se os dados obtidos num ficheiro *Microsoft Excel®*, sendo de seguida, transferidos para o *software* de análise estatística. Procedeu-se à sua análise recorrendo aos testes *ANOVA One-way* e *ANOVA Factorial* (incluindo a *ANOVA Two-way*, um caso particular da *ANOVA Factorial*). Estas técnicas estatísticas permitem comparar médias de uma variável dependente subdividida em grupos por intermédio de um fator (*ANOVA One-way*) ou dois ou mais fatores (*ANOVA Factorial*).

Quando no teste estatístico ANOVA se rejeita a igualdade de médias é porque pelo menos uma destas é diferente. Para detetar essa diferença foi utilizado um procedimento *post-hoc* de comparações múltiplas de médias, tendo-se aplicado o teste de *Tukey HSD*.

Os pressupostos de aplicação da ANOVA (adequação à normalidade e homogeneidade de variâncias) foram validados.

Quando a homogeneidade de variâncias não se verificou, recorreu-se à alternativa não-paramétrica, o teste *Kruskal-Wallis*.

Para aceitar ou rejeitar a hipótese nula foi considerado o nível de significância de 5%.

III. Resultados e Discussão

1. Resultados

Será que as cadeias elásticas sofrem uma degradação da sua força quando submetidas a soluções que simulam o uso de colutórios orais administrados frequentemente durante o tratamento ortodôntico?

Neste capítulo pretende-se responder a esta questão, sendo para isso apresentados os principais resultados deste estudo experimental.

Como já anteriormente mencionado as cadeias elásticas de três marcas diferentes: 3M Unitek®, TP Orthodontics® eOrmco® foram, ao longo de 28 dias, submergidas em saliva artificial a 37°C, simulando as condições encontradas na cavidade oral. Diariamente, as cadeias elásticas foram retiradas da estufa incubadora e expostas, durante 60 segundos, a duas soluções de fluoreto de sódio e a duas soluções de digluconato de clorexidina, em diferentes concentrações, que simulavam o uso diário de colutórios orais. Apenas um grupo de cadeias elásticas foi mantido sempre em saliva artificial, funcionando como grupo controlo desta experiência.

De forma a responder às questões de investigação e objetivos deste estudo estabeleceram-se dois parâmetros de investigação: a medição da força dos elásticos em cadeia, usando um dinamómetro; e a resistência à fratura, que foi medido através do teste à tração realizado com o auxílio da máquina de testes universais. No primeiro, é determinada a força dos segmentos elásticos quando sujeitos a um estiramento de 50% do seu comprimento inicial. Já o teste à tração mede a distância da extensão máxima do elástico ortodôntico até ao seu ponto de rutura. Foram avaliadas as cadeias elásticas no momento zero, sem terem sido distendidas nem expostas a qualquer solução, e de seguida ao 7º dia, ao 14º dia e ao 28º dia.

Assim, este capítulo compõe-se por três partes: primeiro será estudado a força e ponto de rutura das cadeias elásticas submersas em saliva artificial (grupo controlo), seguidamente será estudado o mesmo efeito nas cadeias elásticas expostas a diferentes soluções, e finalmente, será feita uma comparação detalhada das diferenças encontradas

entre o comportamento das três marcas em avaliação: 3M Unitek®, TP Orthodontics® eOrmco®.

1.1. Avaliação da força e ponto de rutura dos elásticos em cadeia submersos em saliva artificial – grupo controlo

As cadeias elásticas das marcas 3M Unitek®, TP Orthodontics® eOrmco® foram mantidas, com o objetivo de simular o meio oral, em saliva artificial a 37°C, ao longo dos 28 dias da experiência, sendo retiradas apenas para se procederem aos testes com o dinamómetro e máquina de testes universais, nos dias de avaliação. Funcionou, deste modo, como o grupo controlo.

Na Tabela 2, estão descritos os valores da força determinada pelo dinamómetro das cadeias elásticas ao serem mergulhadas em saliva artificial.

Tabela 2 - Avaliação da força, em gramas, com o dinamómetro, das cadeias elásticas mergulhadas constantemente em saliva artificial, ao longo do tempo.

Tempo (dias)	Força ^a (g)		
	3M Unitek®	TP Orthodontics®	Ormco®
0^b	304,11±1,401	404,01±1,601	336,12±4,601
7	185,38±15,607	293,85±48,052	200,77±21,001
14	165,38±22,217	274,62±40,128	172,31±23,149
28	155,38±22,589	258,77±19,215	160,77±15,525

^a valores médios ± desvio padrão (n=13)

^b valores medidos imediatamente antes de distender e mergulhar as cadeias em saliva artificial

A variação da força exercida ao longo do tempo pelas cadeias elásticas das três marcas estudadas pode ser apreciado na Figura 19. Podemos observar que existe um decréscimo dos valores da força entre as cadeias medidas no momento zero, sem terem sofrido qualquer tratamento, e as cadeias medidas nos restantes tempos. As cadeias que foram

mantidas em saliva por 28 dias mostraram uma perda significativa de força ao longo do tempo ($p=0,041$)¹.

Verifica-se também a existência de diferenças significativas entre o comportamento da marca TP Orthodontics® em relação às marcas 3M Unitek® eOrmco®, indicado pelo teste ANOVA *one-way* ($p=0,026$) (Tabelas 3 e 4). A marca TP Orthodontics® apresenta valores médios de força superiores. As marcas 3M Unitek® eOrmco® têm um perfil semelhante, não existindo entre ambas diferenças estatisticamente significativas (Tabela 4).

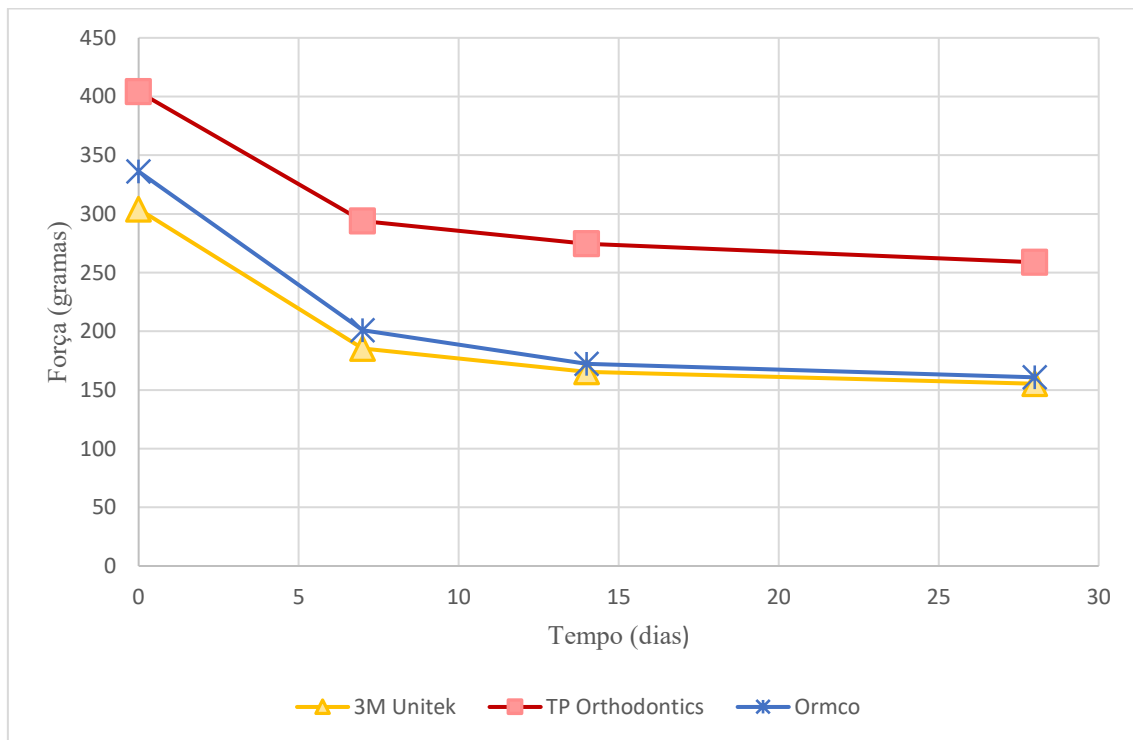


Figura 19 – Variação dos valores da força das cadeias elásticas das marcas 3M Unitek® (amarelo), TP Orthodontics® (vermelho) eOrmco® (azul), ao longo do tempo, quando mergulhadas em saliva artificial (grupo controle). Os valores representam os valores médios e o desvio padrão ($n=13$).

Tabela 3 – Teste estatístico ANOVA *one-way* para a medição da força do grupo controle.

ANOVA					
Dinamómetro (g)					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8483,761	2	4241,880	3,783	,026
Within Groups	127841,026	114	1121,413		
Total	136324,786	116			

¹ Teste estatístico ANOVA *Fatorial* em Anexo I

Tabela 4 – Comparações múltiplas do teste estatístico ANOVA *one-way* para analisar diferenças entre marcas.

Pairwise Comparisons						
Dependent Variable: Dinamómetro (g)						
(I) Marca	(J) Marca	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
					Lower Bound	Upper Bound
3M	TP	-64,462 [*]	2,943	,000	-71,528	-57,395
	ORMCO	-2,256	2,943	1,000	-9,323	4,810
TP	3M	64,462 [*]	2,943	,000	57,395	71,528
	ORMCO	62,205 [*]	2,943	,000	55,139	69,272
ORMCO	3M	2,256	2,943	1,000	-4,810	9,323
	TP	-62,205 [*]	2,943	,000	-69,272	-55,139

Na Tabelas 5, estão descritos os valores médios dos pontos de rutura, determinado pela máquina de teste universais, das cadeias elásticas ortodônticas nas mesmas condições.

Tabela 5 - Avaliação do ponto de rutura, em milímetros, com a máquina de testes universais, das cadeias elásticas mergulhadas constantemente em saliva artificial, em função do tempo.

Tempo (dias)	Ponto de rutura ^a (mm)		
	3M Unitek®	TP Orthodontics®	Ormco®
0 ^b	85,80±13,601	67,50±12,702	93,90±8,511
7	81,59±12,650	66,71±19,771	92,88±6,191
14	81,86±5,759	54,26±11,458	81,76±9,084
28	70,51±13,244	57,30±8,011	79,19±22,286

^a valores médios ± desvio padrão (n=13)

^b valores medidos imediatamente antes de mergulhar e distender as cadeias em saliva artificial

A Figura 20 mostra a existência de diferenças entre o comportamento das três marcas, submetidas à saliva artificial. Podemos observar que, de um modo geral, as cadeias que foram medidas ao 28º dia mostraram um decréscimo nos valores dos seus pontos de rutura em relação às cadeias medidas ao 7º dia e ao 14º dia, não sendo, no entanto, significativo ($p=0,129$)².

Verifica-se que contrariamente à força, a marca TP Orthodontics® apresenta valores médios dos pontos de rutura mais baixos, revelando menor resistência à fratura. A marca Ormco® e 3M Unitek® apresentam um perfil semelhante, sendo a marca Ormco® a que exhibe pontos de rutura superiores. Recorrendo-se ao teste estatístico ANOVA *one-way*

² Teste estatístico ANOVA *Fatorial* em Anexo I

verificou-se existirem diferenças significativas entre o comportamento da marca TP Orthodontics® e as restantes duas marcas ($p=0,009$) (Tabela 6 e 7).

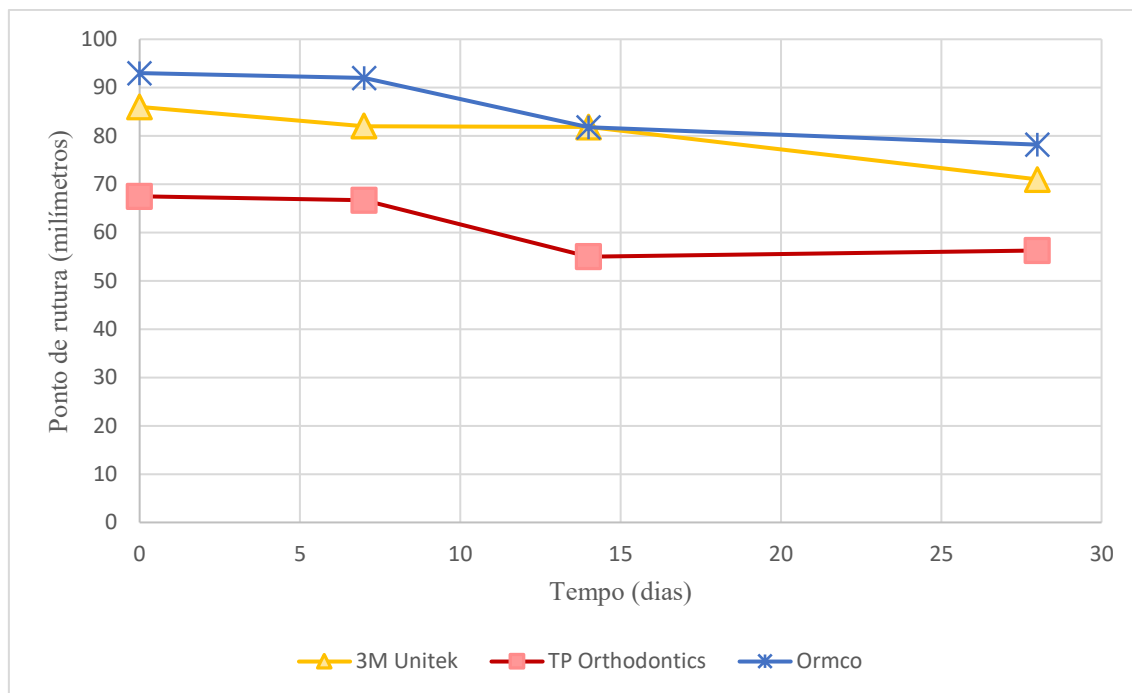


Figura 20 – Variação dos valores dos pontos de rutura, das cadeias elásticas das marcas 3M Unitek® (amarelo), TP Orthodontics® (vermelho) e Ormco® (azul), ao longo do tempo, quando mergulhadas em saliva artificial (grupo controlo). Os valores representam os valores médios e o desvio padrão ($n=13$).

Tabela 6- Teste estatístico ANOVA *one-way* para a medição do ponto de rutura do grupo controlo.

ANOVA					
Ponto de rutura					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1251,483	2	625,742	8,209	,009
Within Groups	686,003	9	76,223		
Total	1937,487	11			

Tabela 7 – Comparações múltiplas do Teste estatístico ANOVA *one-way* para analisar diferenças entre marcas.

Multiple Comparisons						
Dependent Variable: Ponto de rutura						
Tukey HSD						
(I) Marca	(J) Marca	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
3M Unitek	TP Orthodontics	19,0650*	6,17343	,032	1,8287	36,3013
	Ormco	-4,4925	6,17343	,754	-21,7288	12,7438
TP Orthodontics	3M Unitek	-19,0650*	6,17343	,032	-36,3013	-1,8287
	Ormco	-23,5575*	6,17343	,010	-40,7938	-6,3212
Ormco	3M Unitek	4,4925	6,17343	,754	-12,7438	21,7288
	TP Orthodontics	23,5575*	6,17343	,010	6,3212	40,7938

*. The mean difference is significant at the .05 level.

1.2. Avaliação da força e do ponto de rutura dos elásticos em cadeia ao longo do tempo, quando expostas às soluções de fluoreto de sódio e digluconato de clorexidina, simulando o uso de colutórios orais

1.2.1. O efeito das soluções de fluoreto de sódio na degradação das cadeias elásticas

- **Comparação das duas concentrações de flúor (248 ppm de F⁻ e 500 ppm de F⁻)**

Nas Tabelas 8 e 9, estão descritos os valores da força das cadeias elásticas, quando mergulhadas diariamente durante 60 segundos, numa solução de fluoreto de sódio com uma concentração de 248 ppm de flúor (Tabela 8) e numa concentração de 500 ppm de flúor (Tabela 9).

Tabela 8 – Avaliação da força, em gramas, com o dinamómetro, das cadeias elásticas submetidas a uma solução de fluoreto de sódio com 248 ppm de F⁻.

Tempo (dias)	Força ^a (g)		
	3M Unitek®	TP Orthodontics®	Ormco®
0 ^b	304,11±1,401	404,01±1,601	336,12±4,601
7	186,92±18,879	263,08±48,052	192,31±14,233
14	165,38±20,255	274,26±40,128	163,85±21,424
28	153,85±19,807	207,69±19,215	162,31±18,133

^a valores médios ± desvio padrão (n=13)

^b valores medidos imediatamente antes de mergulhar e distender as cadeias na solução de fluoreto de sódio

Tabela 9 – Avaliação da força, em gramas, com o dinamómetro, das cadeias elásticas submetidas a uma solução de fluoreto de sódio com 500 ppm de F⁻.

Tempo (dias)	Força ^a (g)		
	3M Unitek®	TP Orthodontics®	Ormco®
0 ^b	304,11±1,401	404,01±1,601	336,12±4,601
7	182,31±17,394	256,15±51,241	175,38±17,134
14	155,38±24,364	193,85±33,050	162,31±23,149
28	138,46±23,397	194,62±37,331	148,46±17,723

^a valores médios ± desvio padrão (n=13)

^b valores medidos imediatamente antes de mergulhar e distender as cadeias na solução de fluoreto de sódio

A Figura 21 representa as médias das forças exercidas pelas cadeias elásticas ortodônticas do grupo controlo, e quando expostas às soluções de fluoreto de sódio com 248 ppm e 500 ppm de flúor ao longo do tempo.

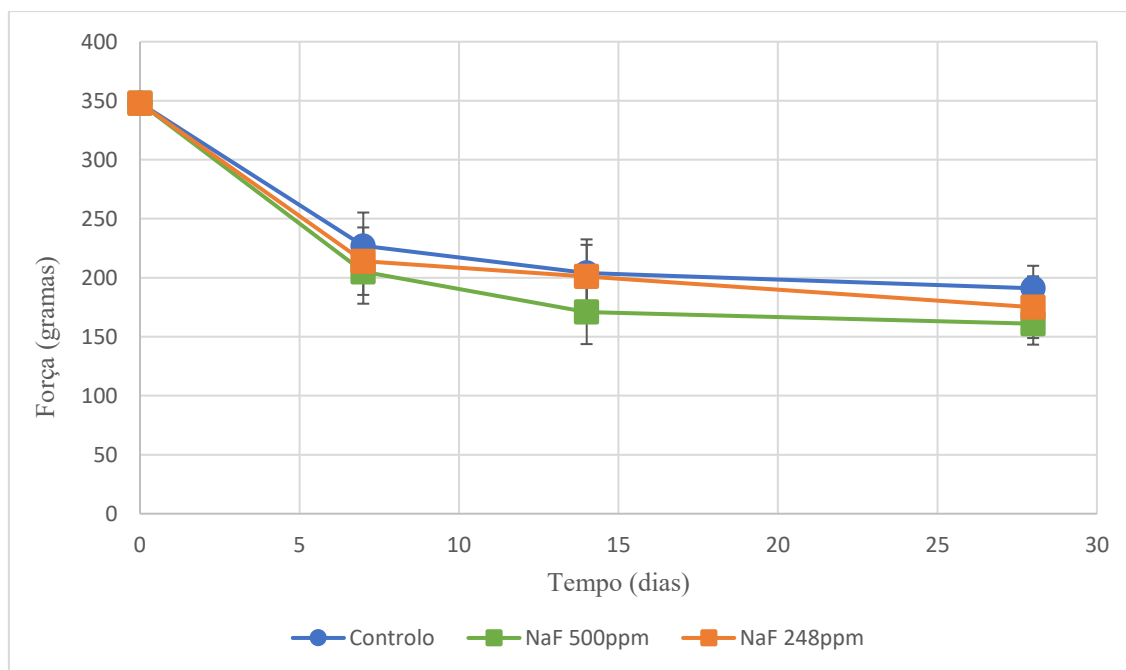


Figura 21 – Variação dos valores da força das cadeias elásticas do grupo controlo (azul) e quando expostas às soluções de fluoreto de sódio contendo 248 ppm de F^- (laranja) e fluoreto de sódio contendo 500 ppm de F^- (verde). Os valores representam as médias e desvio padrão ($n=13$).

Através da visualização gráfica observa-se um decréscimo evidente da força ao longo dos 28 dias para todas as soluções. Verificou-se, através do teste estatístico ANOVA *one-way*, que a perda de força é significativa nas diferentes medições efetuadas ao longo do tempo ($p<0,001$) (Tabela 10, 11, 12 e 13).

Podemos ainda observar que o grupo das cadeias no momento inicial de avaliação sem contato com nenhuma solução teste apresenta um valor médio de força superior, comparativamente aos restantes grupos. Também o grupo de cadeias elásticas controlo demonstraram valores superiores, quando comparadas às cadeias que foram expostas às duas soluções de fluoreto de sódio. É de notar que ao 7º dia a concentração de fluoreto de sódio contendo 248 ppm de flúor apresenta valores médios de força inferiores em relação ao grupo mergulhado na saliva artificial, contudo ao 14º dia o comportamento entre estas duas soluções é sensivelmente semelhante, voltando a sofrer uma diminuição da sua força ao 28º dia. Já as cadeias expostas à solução contendo 500 ppm de flúor exibem valores médios de força inferiores aos restantes grupos ao longo do tempo.

Tabela 10 – Teste estatístico ANOVA *one-way* para a solução fluoreto de sódio contendo 248 ppm de flúor.

ANOVA

Dinamômetro (g)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	123960,684	2	61980,342	32,829	,000
Within Groups	877917,949	465	1887,996		
Total	1001878,632	467			

Tabela 11 – Comparações múltiplas de *Tukey HSD* para a solução de fluoreto de sódio com 248 ppm de flúor.

Dinamômetro (g)

Tukey B^a

Tempo	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
28 dias	156	167,05		
14 dias	156		182,05	
7 dias	156			206,54

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 156,000.

Tabela 12 – Teste estatístico ANOVA *one-way* para a solução fluoreto de sódio contendo 500 ppm de flúor.

ANOVA

Dinamômetro (g)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	160061,880	2	80030,940	45,507	,000
Within Groups	1023537,436	582	1758,655		
Total	1183599,316	584			

Tabela 13 – Comparações múltiplas de *Tukey HSD* para a solução de fluoreto de sódio contendo 500 ppm de flúor.

Dinamômetro (g)

Tukey B^a

Tempo	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
28 dias	195	168,05		
14 dias	195		182,46	
7 dias	195			208,05

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 195,000.

Para validar os pressupostos da ANOVA realizou-se o teste de *Levene* onde constatamos que não existia homogeneidade de variâncias ($p=0,001$)³. Por esse motivo foi executado a alternativa não-paramétrica, o teste estatístico *Kruskal-Wallis*, onde observou-se que tanto o uso diário de fluoreto de sódio com 248 ppm como com 500 ppm de flúor afeta a força das cadeias elásticas, existindo uma deterioração superior às cadeias do grupo controlo ($p<0,001$) (Tabelas 14 e 15).

Tabela 14 – Teste estatístico *Kruskal-Wallis* para a solução de fluoreto de sódio contendo 248 ppm de flúor.

Ranks				Test Statistics ^{a,b}	
	Tempo	N	Mean Rank		Dinamómetro (g)
Dinamómetro (g)	7 dias	156	299,46	Chi-Square	62,240
	14 dias	156	223,39	df	2
	28 dias	156	180,65	Asymp. Sig.	,000
	Total	468			

a. Kruskal Wallis Test
b. Grouping Variable: Tempo

Tabela 15 – Teste estatístico *Kruskal-Wallis* para a solução de fluoreto de sódio contendo 500 ppm de flúor.

Ranks				Test Statistics ^{a,b}	
	Tempo	N	Mean Rank		Dinamómetro (g)
Dinamómetro (g)	7 dias	195	377,64	Chi-Square	83,267
	14 dias	195	276,74	df	2
	28 dias	195	224,62	Asymp. Sig.	,000
	Total	585			

a. Kruskal Wallis Test
b. Grouping Variable: Tempo

Ao comparar entre si o efeito das duas soluções com distintas concentrações de flúor podemos perceber que a solução que contém 500 ppm de flúor sofre uma perda da força superior em relação à solução que apresenta 248 ppm de flúor ($p= 0,001$) (Tabela 16).

³ Teste de *Levene* em Anexo II

Tabela 16 – Tabela de comparações múltiplas para analisar diferenças entre as duas concentrações de fluoreto de sódio.

Pairwise Comparisons						
Variável dependente: Dinamómetro (g)						
(I) NaF	(J) NaF	Diferença média (I-J)	Erro Erro	Sig. ^d	95% Intervalo de Confiança para Diferença ^d	
					Limite inferior	Limite superior
Controlo	Naf 248	-2,650 ^a	2,779	,041	-8,109	2,810
	NaF 500	8,889 ^{a,*}	2,779	,001	3,429	14,349
Naf 248	Controlo	2,650 ^c	2,779	,041	-2,810	8,109
	NaF 500	11,538 ^{a,*c}	3,404	,001	4,852	18,225
NaF 500	Controlo	-8,889 ^{*c}	2,779	,001	-14,349	-3,429
	Naf 248	-11,538 ^{a,*c}	3,404	,001	-18,225	-4,852

Nas Tabelas 17 e 18 constam as médias dos pontos de rutura das cadeias elásticas ortodônticas, mergulhadas diariamente nas duas soluções de fluoreto de sódio.

Tabela 17 - Avaliação do ponto de rutura, com a máquina de testes universais, das cadeias elásticas ortodônticas submetidas a uma solução de fluoreto de sódio, contendo 248 ppm de flúor.

Ponto de rutura ^a (mm)			
Tempo (dias)	3M Unitek®	TP Orthodontics®	Ormco®
0 ^b	85,80±13,601	67,50±12,702	93,90±8,511
7	80,28±6,96	58,77±17,05	86,96±14,51
14	74,29±5,54	50,45±9,77	83,61±10,31
28	78,41±9,70	55,30±8,011	78,11 ±8,82

^a valores médios ± desvio padrão (n=13)

^b valores medidos imediatamente antes de distender e mergulhar as cadeias na solução de fluoreto de sódio

Tabela 18 – Avaliação do ponto de rutura, com a máquina de testes universais, das cadeias elásticas ortodônticas submetidas a uma solução de fluoreto de sódio, contendo 500 ppm de flúor.

Ponto de rutura ^a (mm)			
Tempo (dias)	3M Unitek®	TP Orthodontics®	Ormco®
0 ^b	85,80±13,601	67,50±12,702	93,90±8,511
7	76,28±10,98	63,28±7,37	92,88±6,191
14	74,13±9,49	62,08±15,22	78,98±15,22
28	76,04±11,47	65,99±9,79	78,11 ±10,31

^a valores médios ± desvio padrão (n=13)

^b valores medidos imediatamente antes de distender e mergulhar as cadeias na solução de fluoreto de sódio

A Figura 22 mostra a média das distâncias correspondentes aos pontos de rutura das cadeias elásticas ortodônticas do grupo controlo, e quando expostas às soluções de fluoreto de sódio, contendo 248 e 500 ppm de flúor, ao longo do tempo.

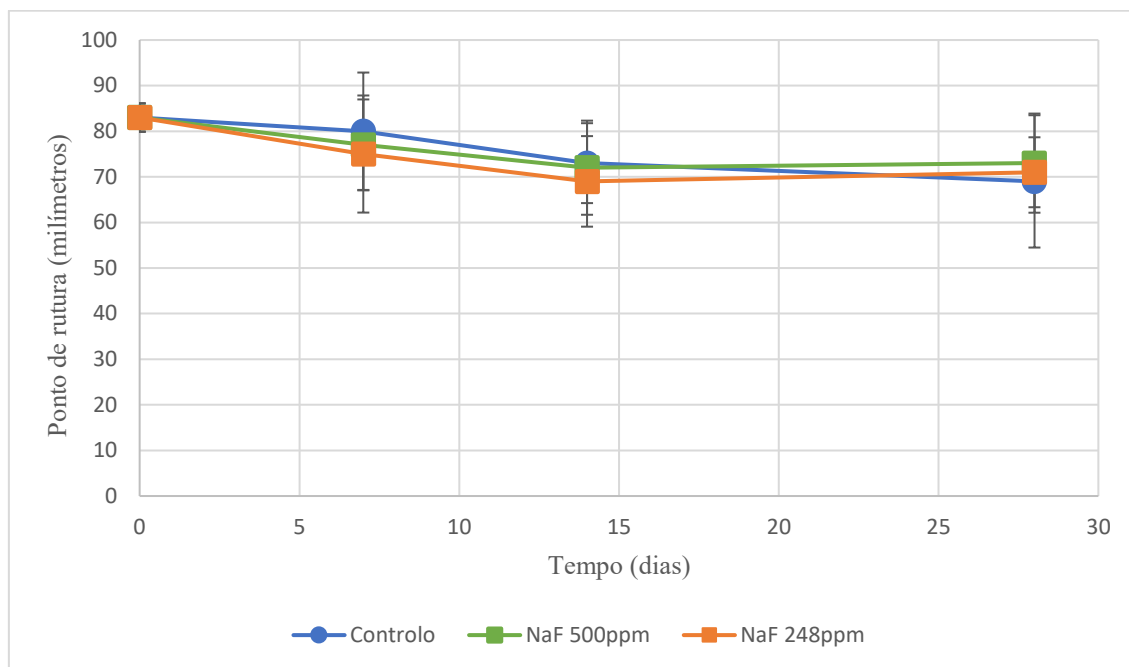


Figura 22 – Variação dos valores dos pontos de rutura das cadeias elásticas do grupo controlo (azul) e quando expostas às soluções de fluoreto de sódio contendo 248 ppm de F^- (laranja) e contendo 500 ppm de F^- (verde), em função do tempo. Os valores representam as médias e desvio padrão ($n=13$).

É possível visualizar através do gráfico que existe uma diminuição dos valores dos pontos de rutura das cadeias elásticas do grupo controlo ao longo do tempo.

Observa-se nas cadeias expostas à solução de fluoreto de sódio contendo 248 ppm de flúor um decréscimo dos valores do ponto de rutura até ao 14º dia. No entanto, ao 28º dia apresentam valores de pontos de rutura ligeiramente mais elevados do que o grupo controlo. Porém, recorrendo ao teste estatístico ANOVA *one-way*, constatou-se que estes valores não são estatisticamente significativos ($p=0,114$) (Tabela 19).

Já nas cadeias mergulhadas na solução contendo 500 ppm de flúor nota-se uma diminuição dos valores do ponto de rutura até ao 14º dia. Ao 28º dia exibem valores ligeiramente superiores aos do grupo controlo. Após a realização do teste estatístico ANOVA *one-way* verificou-se que estes valores não são estatisticamente significativos ($p=0,134$) (Tabela 20).

Tabela 19 – Teste estatístico ANOVA *one-way* para a solução de fluoreto de sódio com 248 ppm de flúor.

ANOVA					
Percurso (mm)					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1263,439	2	631,719	2,214	,114
Within Groups	32528,370	114	285,337		
Total	33791,809	116			

Tabela 20 – Teste estatístico ANOVA *one-way* para a solução de fluoreto de sódio com 500 ppm de flúor.

ANOVA					
Percurso (mm)					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	738,053	2	369,027	2,044	,134
Within Groups	20581,668	114	180,541		
Total	21319,721	116			

Ao comparar entre si o efeito das duas soluções contendo concentrações de flúor distintas, constatou-se que não existem diferenças estatisticamente significativas ($p=0,290$) (Tabela 21).

Tabela 21 – Tabela de comparações múltiplas para analisar diferenças entre as duas concentrações de fluoreto de sódio.

Pairwise Comparisons						
Variável dependente: Percurso (mm)						
(I) NaF	(J) NaF	Diferença média (I-J)	Erro Erro	Sig. ^d	95% Intervalo de Confiança para Diferença ^d	
					Limite inferior	Limite superior
Controlo	Naf 248	-2,206 ^a	1,407	,117	-4,969	,558
	NaF 500	-4,029 ^{a,*}	1,407	,104	-6,793	-1,266
Naf 248	Controlo	2,206 ^c	1,407	,117	-,558	4,969
	NaF 500	-1,824 ^{a,c}	1,723	,290	-5,208	1,560
NaF 500	Controlo	4,029 ^{*,c}	1,407	,104	1,266	6,793
	Naf 248	1,824 ^{a,c}	1,723	,290	-1,560	5,208

1.2.2. Efeito das soluções de digluconato de clorexidina na degradação das cadeias elásticas

- **Comparação das duas concentrações de digluconato de clorexidina (a 0,12% e 0,2%)**

Nas Tabelas 22 e 23 está exposto a avaliação da força das cadeias elásticas, ao longo do tempo, quando mergulhadas diariamente, durante 60 segundos, nas duas soluções de digluconato de clorexidina a 0,12% (Tabela 22) e 0,2% (Tabela 23).

Tabela 22 – Avaliação da força, em gramas, com o dinamómetro, das cadeias elásticas submetidas a uma solução de digluconato de clorexidina a 0,12%.

Tempo (dias)	Força ^a (g)		
	3M Unitek®	TP Orthodontics®	Ormco®
0 ^b	304,11±1,401	404,01±1,601	336,12±4,601
7	180,00±18,708	257,69±43,618	182,31±31,132
14	162,31±21,274	224,62±27,573	148,46±23,397
28	159,23±19,348	206,92±31,194	127,69 ±19,644

^a valores médios ± desvio padrão (n=13)

^b valores medidos imediatamente antes de distender e mergulhar as cadeias na solução de digluconato de clorexidina

Tabela 23 - Avaliação da força, em gramas, com o dinamómetro, das cadeias elásticas submetidas a uma solução de digluconato de clorexidina a 0,2%.

Tempo (dias)	Força ^a (g)		
	3M Unitek®	TP Orthodontics®	Ormco®
0 ^b	304,11±1,401	404,01±1,601	336,12±4,601
7	170,77±24,311	216,15±38,197	177,69±16,909
14	148,46±16,756	213,08±31,460	166,92±16,525
28	140,00±23,579	200,77±26,602	141,54 ±13,445

^a valores médios ± desvio padrão (n=13)

^b valores medidos imediatamente antes de distender e mergulhar as cadeias na solução de digluconato de clorexidina

Na Figura 23 estão representadas as médias das forças exercidas pelas cadeias elásticas ortodônticas do grupo controlo, e quando submetidas às soluções de digluconato de clorexidina a 0,12% e 0,2%, ao longo do tempo.

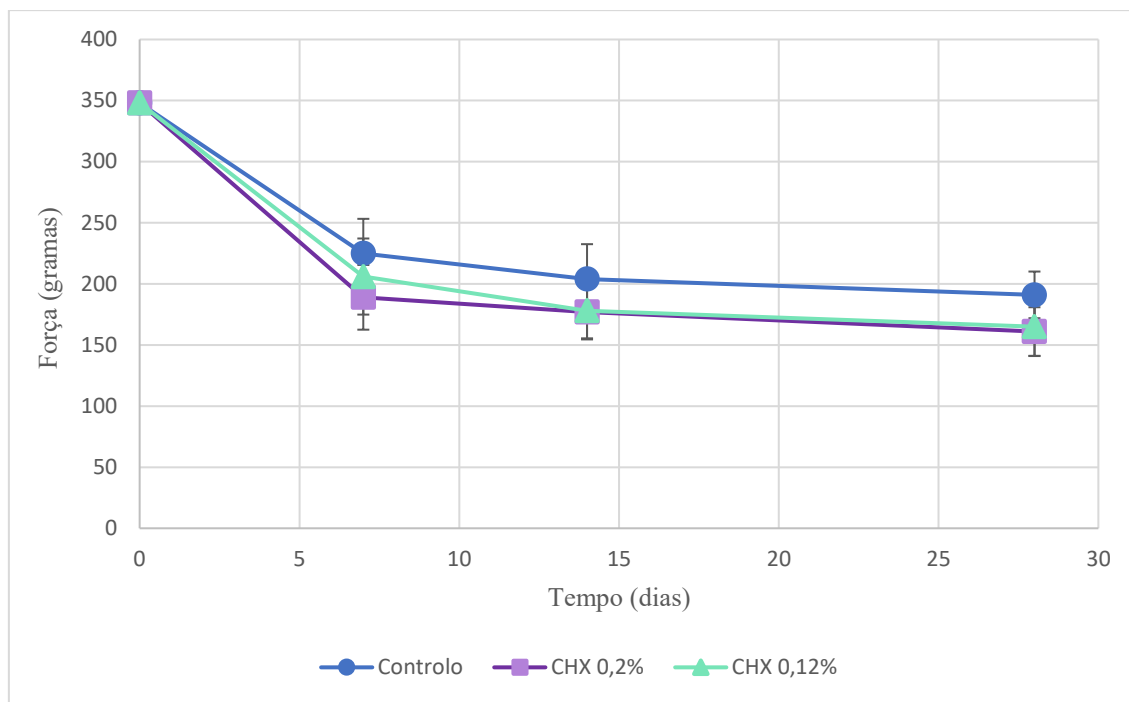


Figura 23 – Variação dos valores da força das cadeias elásticas do grupo controlo (azul) e quando submetidas às soluções de digluconato de clorexidina a 0,12% (verde fluorescente) e 0,2% (roxo), em função do tempo. Os valores representam as médias e o desvio padrão (n=13).

Através da visualização do gráfico representado verifica-se que tal como ocorreu com os grupos de cadeias elásticas submetidas às soluções de fluoreto de sódio, o grupo de cadeias medido no momento inicial apresenta valores de força superior aos restantes.

Ao 7º dia observa-se que o grupo das cadeias submetidos diariamente à solução de digluconato de clorexidina a 0,12% apresenta valores médios de força inferiores ao grupo controlo e superiores ao grupo de cadeia exposto à solução de digluconato de clorexidina 0,2%. Porém ao 14º e 28º dia, os valores entre as duas concentrações de clorexidina são semelhantes, verificando-se uma estabilização dos seus comportamentos.

Recorrendo ao teste estatístico ANOVA *one-way* observam-se diferenças significativas entre o 7º dia e o 14º dia e entre o 7º dia e o 28º dia, no grupo do digluconato de clorexidina 0,12%. Isto é, as cadeias medidas ao 7º dia apresentavam valores de força superior às cadeias medidas ao 14º dia e ao 28º dia ($p < 0,05$) (Tabela 24). No grupo do digluconato de clorexidina a 0,2% constatou-se que apenas as cadeias elásticas medidas ao 28º dia mostraram um decréscimo da força superior às cadeias avaliadas nos restantes dias ($p < 0,05$) (Tabela 25), sendo inferior aos valores do grupo controlo.

Tabela 24 – Comparações múltiplas de *Tukey HSD* para a solução de digluconato de clorexidina a 0,12%.

Dinamômetro (g)

Tukey B^a

Tempo	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
28 dias	39	165,64	
14 dias	39	174,10	
7 dias	39		206,67

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 39,000.

Tabela 25 - Comparações múltiplas de *Tukey HSD* para a solução de digluconato de clorexidina a 0,2%.

Dinamômetro (g)

Tukey B^a

Tempo	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
28 dias	39	167,44	
14 dias	39	176,15	176,15
7 dias	39		188,21

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 39,000.

Verifica-se, assim, que as soluções de digluconato de clorexidina a 0,12% e de digluconato de clorexidina a 0,2% afetam significativamente a força das cadeias elásticas ($p < 0,001$ e $p = 0,026$), após a execução do teste estatístico ANOVA *one-way* (Tabela 26 e 27), existindo uma degradação superior à do grupo controle ($p < 0,001$) (Tabela 28).

Tabela 26 - Teste estatístico ANOVA *one-way* para a solução de digluconato de clorexidina a 0,12%

ANOVA

Dinamômetro (g)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	36596,581	2	18298,291	9,389	,000
Within Groups	222169,231	114	1948,853		
Total	258765,812	116			

Tabela 27 - Teste estatístico ANOVA one-way para a solução de digluconato de clorexidina a 0,2%

ANOVA					
Dinamómetro (g)					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8483,761	2	4241,880	3,783	,026
Within Groups	127841,026	114	1121,413		
Total	136324,786	116			

Comparando o efeito das duas concentrações de digluconato de clorexidina, observamos que existem diferenças estatisticamente significativas ($p=0,023$) (Tabela 28).

Tabela 28 – Tabela de comparações múltiplas para analisar diferenças entre as duas concentrações de digluconato de clorexidina.

Pairwise Comparisons						
Variável dependente: Dinamómetro (g)						
(I) CHX	(J) CHX	Diferença média (I-J)	Erro Erro	Sig. ^d	95% Intervalo de Confiança para Diferença ^d	
					Limite inferior	Limite superior
Controlo	CHX 0,2	13,248 ^{*,b}	2,779	,000	7,788	18,708
	CHX 0,12	8,376 ^{*,b}	2,779	,003	2,916	13,836
CHX 0,2	Controlo	-13,248 ^{*,c}	2,779	,000	-18,708	-7,788
	CHX 0,12	-4,872 ^{b,c}	3,404	,023	-11,559	1,815
CHX 0,12	Controlo	-8,376 ^{*,c}	2,779	,003	-13,836	-2,916
	CHX 0,2	4,872 ^{b,c}	3,404	,023	-1,815	11,559

As Tabelas 29 e 30 apresentam os valores dos pontos de rutura das cadeias elásticas mergulhadas diariamente, durante 60 segundos, em duas soluções de digluconato de clorexidina a 0,12% (Tabela 29) e 0,2% (Tabela 30).

Tabela 29 – Avaliação do ponto de rutura, com a máquina de testes universais, das cadeias elásticas expostas a uma solução de digluconato de clorexidina a 0,12%.

Tempo (dias)	Ponto de rutura ^a (mm)		
	3M Unitek®	TP Orthodontics®	Ormco®
0 ^b	85,80±13,601	67,50±12,702	93,90±8,511
7	79,31±12,70	51,01±12,22	76,12±15,43
14	82,17±10,86	53,58±12,79	75,47±23,04
28	69,76±17,18	45,12 ±11,27	71,69 ±9,18

^a valores médios ± desvio padrão (n=13)^b valores medidos imediatamente antes de distender e mergulhar as cadeias na solução de digluconato de clorexidina**Tabela 30** – Avaliação do ponto de rutura, com a máquina de testes universais, das cadeias elásticas expostas a uma solução de digluconato de clorexidina a 0,2%.

Tempo (dias)	Ponto de rutura ^a (mm)		
	3M Unitek®	TP Orthodontics®	Ormco®
0 ^b	85,80±13,601	67,50±12,702	93,90±8,511
7	79,46±5,83	69,57±23,24	70,28±6,27
14	66,86±22,50	48,88±9,85	71,78±6,69
28	62,08±21,91	40,88±10,91	68,08 ±21,57

^a valores médios ± desvio padrão (n=13)^b valores medidos imediatamente antes de distender e mergulhar as cadeias na solução de digluconato de clorexidina

A Figura 24 mostra as médias das distâncias correspondentes aos pontos de rutura das cadeias elásticas ortodônticas do grupo controlo, e quando submetidas às soluções de digluconato de clorexidina a 0,12% e 0,2% ao longo do tempo.

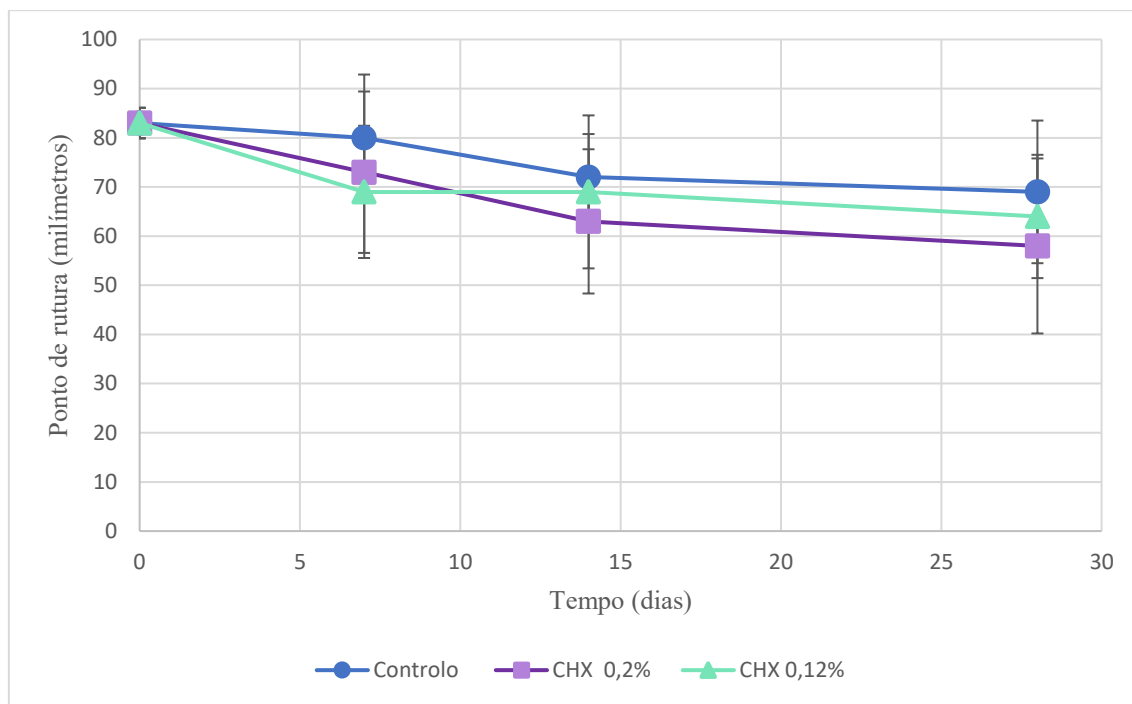


Figura 24 - Variação dos valores dos pontos de ruptura das cadeias elásticas do grupo controle (azul) e quando expostas às soluções de digluconato de clorexidina a 0,12% (verde fluorescente) e 0,2% (roxo), em função do tempo. Os valores representam as médias e o desvio padrão (n=13).

Através da visualização do gráfico podemos observar que o grupo das cadeias elásticas do grupo controle apresentam um decréscimo dos seus pontos de ruptura ao longo do tempo. As cadeias elásticas expostas à solução de digluconato de clorexidina 0,2% sofreram uma degradação mais rápida, exibindo pontos de ruptura mais baixos. Recorrendo ao teste estatístico ANOVA *one-way*, constatamos que a solução de digluconato de clorexidina 0,2% afeta o ponto de ruptura das cadeias elásticas ($p=0,027$) (Tabela 32).

É de notar que a resistência à fratura das cadeias elásticas expostas a esta solução diminui bastante até ao 14º dia, havendo de seguida até ao 28º dia um período de perda de força mais estável. Após a aplicação do teste estatístico ANOVA *one-way* podemos constatar que existem diferenças significativas referentes ao ponto de ruptura das cadeias elásticas entre o 7º dia e 14º dia, e entre o 7º dia e 28º dia (Tabela 33).

Já no grupo das cadeias expostas ao digluconato de clorexidina 0,12% observa-se uma diminuição dos valores dos pontos de ruptura até ao 7º dia, seguindo-se um ligeiro aumento até ao 14º dia, seguindo-se novamente um decréscimo até ao 28º dia. Após a aplicação do teste estatístico ANOVA *one-way*, constatamos que a solução de digluconato de

clorexidina 0,12% não afeta o ponto de rutura das cadeias elásticas ($p=0,233$) (Tabela 31), não se verificando ao longo do tempo diferenças estatisticamente significativas entre as medições efetuadas.

Tabela 31 – Teste estatístico ANOVA *one-way* para a solução de digluconato de clorexidina a 0,12%.

ANOVA					
Percurso (mm)					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	940,367	2	470,184	1,477	,233
Within Groups	36278,342	114	318,231		
Total	37218,709	116			

Tabela 32 – Teste estatístico ANOVA *one-way* para a solução de digluconato de clorexidina a 0,2%.

ANOVA					
Percurso (mm)					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2313,019	2	1156,510	3,748	,027
Within Groups	35179,723	114	308,594		
Total	37492,742	116			

Tabela 33 - Comparações múltiplas de *Tukey HSD*.

Percurso (mm)			
Tukey B ^a			
Tempo	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
14 dias	39	63,113564	72,805667
28 dias	39	63,657333	
7 dias	39		

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 39,000.

Comparando o efeito das duas concentrações de digluconato de clorexidina sob as cadeias elásticas ortodônticas podemos constatar que existem diferenças significativas ($p=0,009$) (Tabela 34). Percebeu-se, assim, que para a concentração 0,2% existe uma

maior degradação das cadeias elásticas, uma vez que, os valores médios do ponto de rutura são inferiores.

Tabela 34 – Tabela de comparações múltiplas para analisar diferenças entre as duas concentrações de digluconato de clorexidina.

Pairwise Comparisons						
Variável dependente: Percurso (mm)						
(I) CHX	(J) CHX	Diferença média (I-J)	Erro Erro	Sig. ^d	95% Intervalo de Confiança para Diferença ^d	
					Limite inferior	Limite superior
Controlo	CHX 0,2	5,747 ^{*,b}	1,407	,000	2,984	8,510
	CHX 0,12	4,608 ^{*,b}	1,407	,001	1,845	7,371
CHX 0,2	Controlo	-5,747 ^{*,c}	1,407	,000	-8,510	-2,984
	CHX 0,12	-1,139 ^{b,c}	1,723	,009	-4,523	2,245
CHX 0,12	Controlo	-4,608 ^{*,c}	1,407	,001	-7,371	-1,845
	CHX 0,2	1,139 ^{b,c}	1,723	,009	-2,245	4,523

1.3. Comparação do comportamento de cada marca em função do tempo

No subcapítulo anterior foi feita uma análise global do comportamento das cadeias elásticas ortodônticas, quando submetidas às diferentes soluções de higiene oral. No presente subcapítulo será feito um estudo mais detalhado, onde se pretende perceber se existem diferenças entre as cadeias elásticas de marcas diferentes, quando submetidas às mesmas soluções.

1.3.1. O efeito das soluções de fluoreto de sódio no comportamento das três marcas estudadas

O comportamento das cadeias elásticas das três marcas estudadas quanto à sua força, quando submetidas ao fluoreto de sódio nas duas concentrações (com 248 ppm e 500 ppm de flúor) está apresentado na Figura 25.

Observa-se que as cadeias elásticas da marca 3M Unitek® apresentam um decréscimo da sua força face à exposição às soluções teste, ao longo do tempo. As cadeias submetidas à concentração 500 ppm de flúor apresentam uma deterioração superior, particularmente

evidente ao 7º dia. De seguida ocorre um período de estabilização da perda de força entre o 14º dia e o 28º dia. As cadeias imergidas na solução com 248 ppm de flúor apresentam valores de força semelhantes ao grupo controlo.

Ao longo do tempo apenas as cadeias expostas à solução de fluoreto de sódio contendo 500 ppm apresentaram uma degradação da sua força significativamente superior à do grupo controlo ($p < 0,001$)⁴.

Já as cadeias da marcaOrmco® apresentam valores médios de força ligeiramente superiores aos da marca 3M Unitek®, apesar do seu comportamento ser semelhante. O decréscimo da força sofrido é superior ao 7º dia, principalmente para as cadeias submetidas à solução contendo 500 ppm de flúor. Entre o 14º e 28º dia segue-se um período de estabilização de perda de força.

Ao longo do tempo, tal como ocorreu na marca 3M Unitek®, apenas as cadeias expostas à solução de fluoreto de sódio contendo 500 ppm apresentaram uma degradação da sua força significativamente superior à do grupo controlo ($p < 0,001$)⁵.

Por fim, as cadeias da marca TP Orthodontics® desenvolveram níveis médios de força superiores em relação às restantes, ao longo do tempo, mas com uma deterioração superior à verificada nas outras duas marcas. As duas concentrações de fluoreto de sódio exercem efeitos diferentes nas cadeias elásticas desta marca. A concentração de 500 ppm de flúor leva a que haja um decréscimo acentuado até ao 7º dia, e novamente até ao 14º dia, seguindo-se depois um período de estabilização até ao 28º dia. Enquanto que as cadeias mergulhadas diariamente em fluoreto de sódio com 248 ppm de flúor revelam uma deterioração dos níveis de força ao 7º dia, seguindo-se um aumento destes valores ao 14º dia, para voltar a sofrer um decréscimo até ao 28º dia.

Em ambas as soluções de fluoreto de sódio nota-se maior perda de força das cadeias desta marca relativamente ao grupo controlo ($p < 0,001$)⁶.

⁴ Tabela de comparações múltiplas de *Tukey HSD* em Anexo IV

⁵ Tabela de comparações múltiplas de *Tukey HSD* em Anexo IV

⁶ Tabela de comparações múltiplas de *Tukey HSD* em Anexo IV

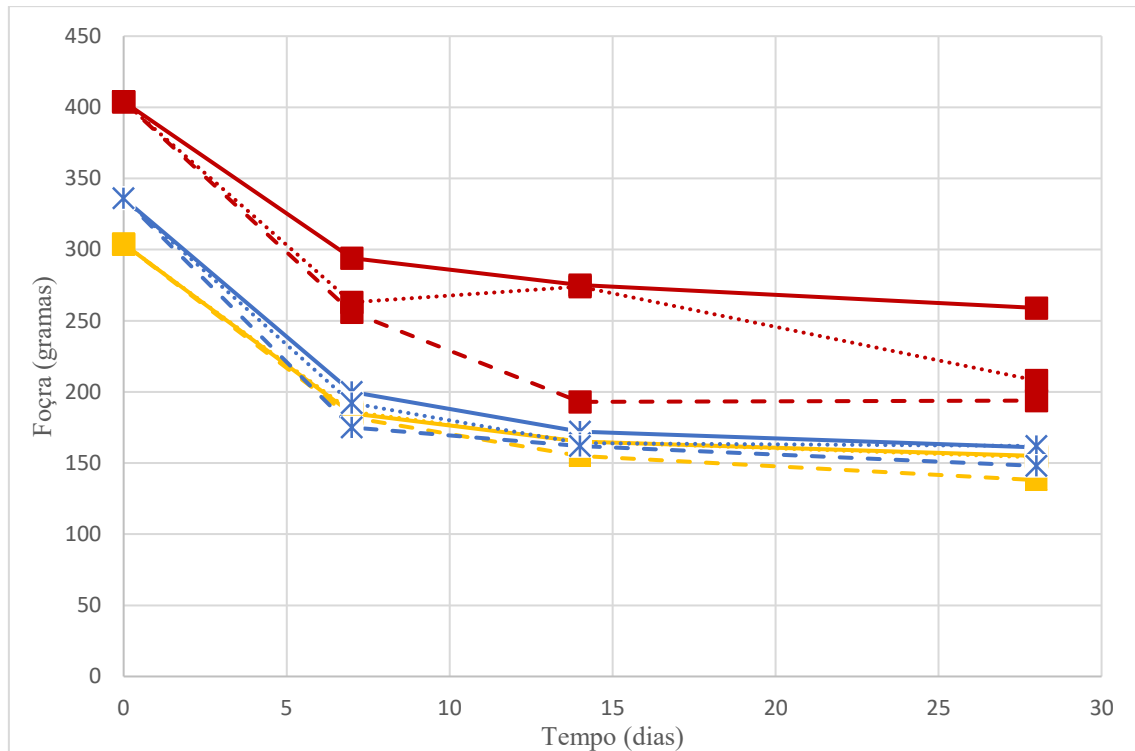


Figura 25 – Comparação da força das marcas 3M Unitek® (amarelo), TP Orthodontics® (vermelho) e Ormco® (azul). Para cada uma das marcas é apresentado o grupo controle (linha), o grupo do fluoreto de sódio com 500 ppm de F⁻ (tracejado) e o grupo com 248 ppm de F⁻ (pontilhado).

Existem diferenças estatisticamente significativas entre o comportamento das três marcas quando submetidas a diferentes concentrações de fluoreto de sódio, ao longo do tempo ($p=0,021$)⁷ (Tabela 35, ANOVA *Fatorial*).

Tabela 35 – Tabela de comparações múltiplas para analisar diferenças entre marcas.

Pairwise Comparisons						
Dependent Variable: Dinamômetro (g)						
(I) Marca	(J) Marca	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
					Lower Bound	Upper Bound
3M	TP	-64,462 [*]	2,943	,000	-71,528	-57,395
	ORMCO	-2,256	2,943	,000	-9,323	4,810
TP	3M	64,462 [*]	2,943	,000	57,395	71,528
	ORMCO	62,205 [*]	2,943	,000	55,139	69,272
ORMCO	3M	2,256	2,943	,000	-4,810	9,323
	TP	-62,205 [*]	2,943	,000	-69,272	-55,139

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.

⁷ Teste estatístico ANOVA *Fatorial* em Anexo III

Quanto ao ponto de rutura, o comportamento das cadeias elásticas das três marcas estudadas, quando submetidas a duas soluções de fluoreto de sódio (contendo 248 ppm e 500 ppm de flúor) está apresentado na Figura 26.

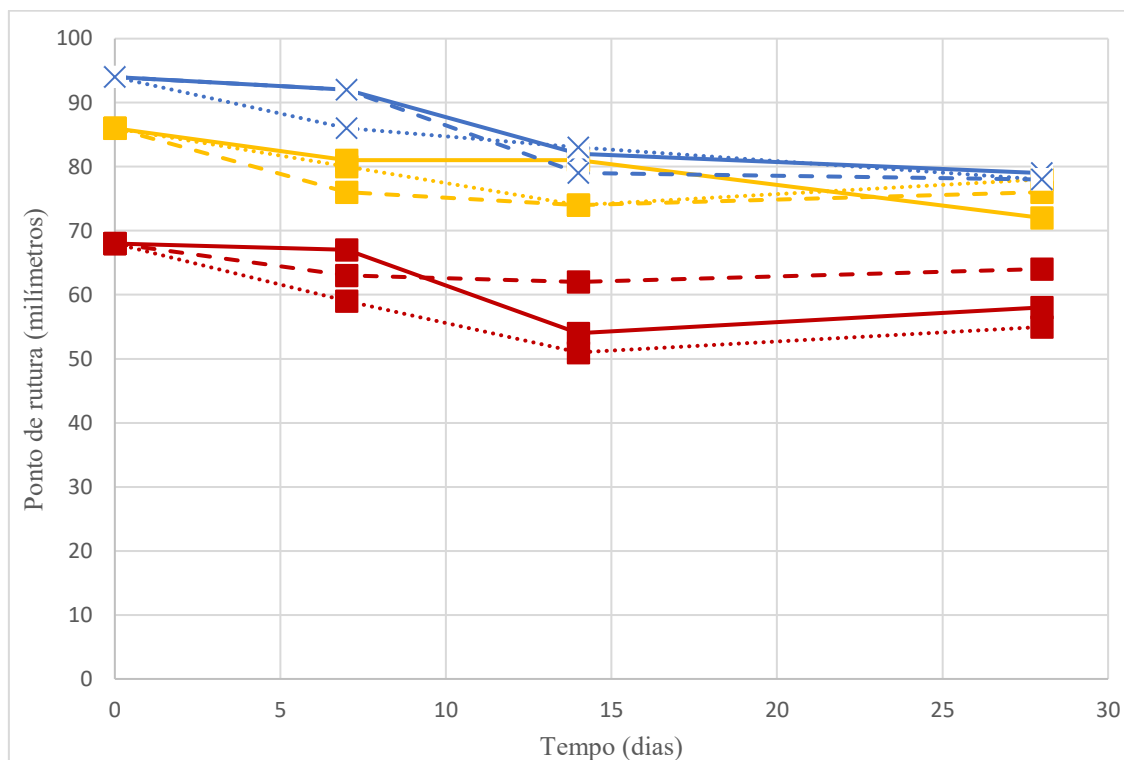


Figura 26 – Comparação do ponto de rutura das marcas 3M Unitek® (amarelo), TP Orthodontics® (vermelho) eOrmco® (azul). Para cada uma das marcas é apresentado o grupo controle (linha), o grupo do fluoreto de sódio com 500 ppm de F⁻ (tracejado) e o grupo com 248 ppm de F⁻ (pontilhado).

As marcas 3M Unitek® e Ormco® não apresentam diferenças estatisticamente significativas em relação aos seus grupos controle quando expostas a ambas as concentrações de flúor ($p > 0,05$)⁸.

A marca TP Orthodontics® é a que apresenta valores médios mais baixos dos pontos de rutura, ao longo do tempo. No entanto, este decréscimo não é superior ao do grupo controle ($p = 0,074$ e $p = 0,802$)⁹.

⁸ Tabela de comparações múltiplas de Tukey HSD em Anexo IV

⁹ Tabela de comparações múltiplas de Tukey HSD em Anexo IV

Existem diferenças significativas entre o comportamento das marcas quando submetidas às soluções de fluoreto de sódio ao longo do tempo ($p=0,046$)¹⁰ (Tabela 36, ANOVA *Fatorial*).

Tabela 36 – Tabela de comparações múltiplas para analisar diferenças entre marcas.

Pairwise Comparisons						
Dependent Variable: Percurso (mm)						
(I) Marca	(J) Marca	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
					Lower Bound	Upper Bound
3M	TP	19,709 [*]	1,381	,000	16,393	23,025
	ORMCO	-1,462	1,381	,000	-4,778	1,854
TP	3M	-19,709 [*]	1,381	,000	-23,025	-16,393
	ORMCO	-21,171 [*]	1,381	,000	-24,487	-17,855
ORMCO	3M	1,462	1,381	,000	-1,854	4,778
	TP	21,171 [*]	1,381	,000	17,855	24,487

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.

1.3.2. O efeito das soluções de digluconato de clorexidina no comportamento das três marcas estudadas

O comportamento das cadeias elásticas das três marcas estudadas quanto à sua força, quando submetidas às duas soluções de digluconato de clorexidina a 0,12% e a 0,2% está apresentado na Figura 27.

Os resultados são indicadores que a marca 3M Unitek® e a marca Ormco® apresentam um comportamento semelhante, exibindo uma deterioração da força das cadeias elásticas ao longo do tempo, sendo mais evidente ao 7º dia.

Comparando ambas as concentrações de digluconato de clorexidina verifica-se, de modo geral, que o decréscimo da força das cadeias elásticas ortodônticas é superior quando expostas à concentração 0,2% ($p<0,001$)¹¹. Exceto na marca Ormco® que parece ser mais afetada pela solução de digluconato de clorexidina a 0,12% ($p<0,001$)¹².

¹⁰ Teste estatístico ANOVA *Fatorial* em Anexo III

¹¹ Tabela de comparações múltiplas de *Tukey* HSD em Anexo IV

¹² Tabela de comparações múltiplas de *Tukey* HSD em Anexo IV

A marca TP Orthodontics® desenvolve níveis médios de força superiores nas medições efetuadas, ao longo do tempo. Esta marca quando exposta às duas soluções de digluconato de clorexidina (0,12% e 0,2%) apresenta uma redução da sua força significativamente superior à do seu grupo controlo ($p < 0,001$)¹³.

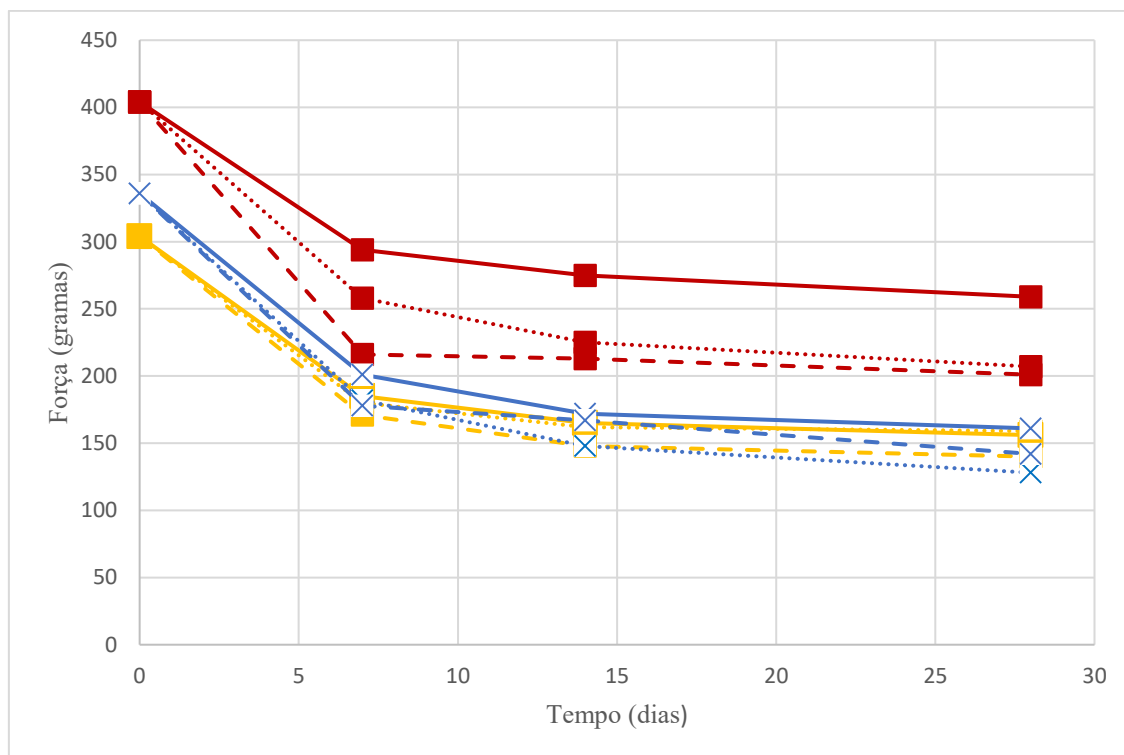


Figura 27 – Comparação da força das marcas 3M Unitek® (amarelo), TP Orthodontics® (vermelho) e Ormco® (azul). Para cada uma das marcas é apresentado o grupo controlo (linha), o grupo de digluconato de clorexidina a 0,2% (tracejado) e o grupo com 0,12% (pontilhado).

Existem diferenças estatisticamente significativas entre o comportamento das três marcas, quando submetidas a diferentes concentrações de digluconato de clorexidina ao longo do tempo ($p = 0,040$)¹⁴ (Tabela 37, ANOVA *Fatorial*).

¹³ Tabela de comparações múltiplas de *Tukey HSD* em Anexo IV

¹⁴ Teste estatístico ANOVA *Fatorial* em Anexo III

Tabela 37 – Tabela de comparações múltiplas para analisar diferenças entre as marcas.

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: Dinamómetro (g)

(I) Marca	(J) Marca	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
					Lower Bound	Upper Bound
3M	TP	-71,462 [*]	3,943	,000	-43,528	-57,390
	ORMCO	-2,256	3,943	,000	-9,323	4,238
TP	3M	-71,462 [*]	3,943	,000	57,390	43,528
	ORMCO	62,205 [*]	3,943	,000	55,139	69,272
ORMCO	3M	2,256	3,943	,000	-4,238	9,323
	TP	-62,205 [*]	3,943	,000	-69,272	-55,139

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.

Quanto ao ponto de rutura, o comportamento das cadeias elásticas das três marcas estudadas, quando submetidas às duas soluções de digluconato de clorexidina de (0,12% e 0,2%) está apresentado na Figura 28.

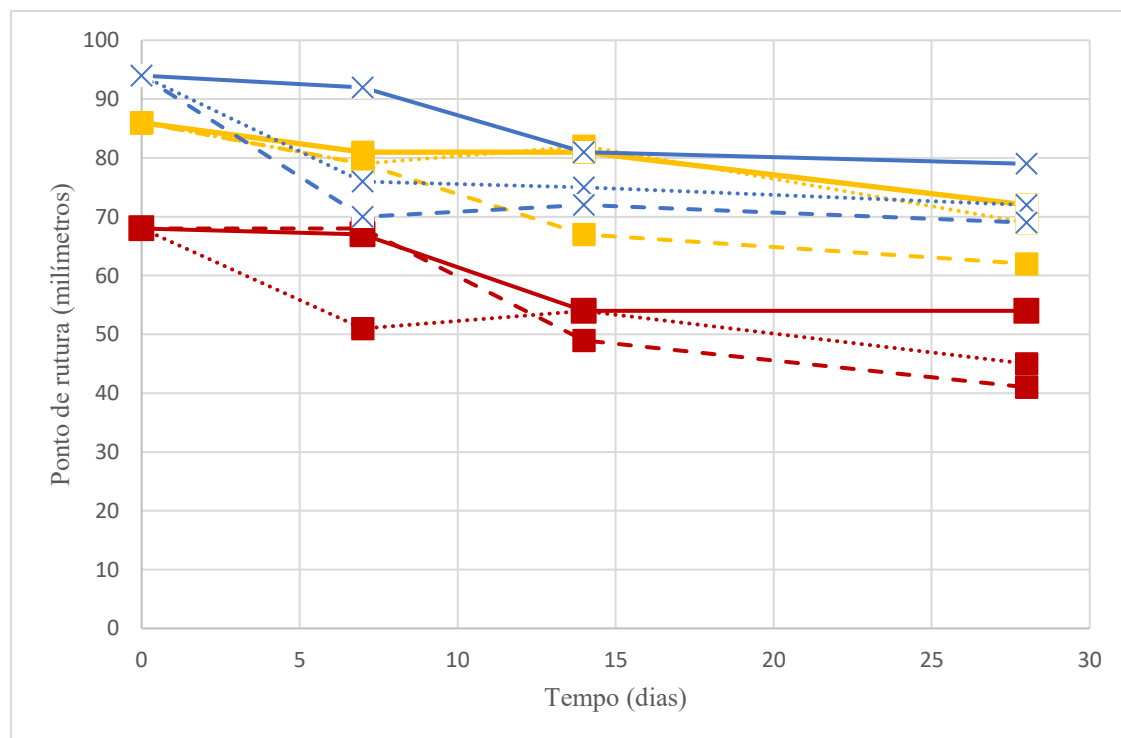


Figura 28 - Comparação do ponto de rutura das marcas 3M Unitek® (amarelo), TP Orthodontics® (vermelho) e Ormco® (azul). Para cada uma das marcas é apresentado o grupo controlo (linha), o grupo de digluconato de clorexidina a 0,2% (tracejado) e o grupo com 0,12% (pontilhado).

Neste gráfico podemos observar que uma vez mais as cadeias elásticas da marca TP Orthodontics® apresentam um ponto de rutura mais baixo que as restantes duas marcas. É possível verificar que as cadeias desta marca, quando submetidas à solução de digluconato de clorexidina a 0,12% apresentam um comportamento mais instável ao longo do tempo. Exibem ao 7º dia uma evidente degradação, seguida de um ligeiro aumento até ao 14º dia, ao qual se segue um período de estabilização até ao 28º dia. Na solução de clorexidina 0,2% as cadeias apresentam uma diminuição mais acentuada dos seus pontos de rutura entre o 7º dia e o 14º dia, existindo depois um período de estabilização até ao 28º dia.

Verificou-se, assim, que as cadeias desta marca têm maior propensão à rutura quando sujeitas a ambas as soluções de digluconato de clorexidina ($p < 0,001$)¹⁵.

As cadeias elásticas da marca Ormco® apresentam ao longo do tempo diferenças estatisticamente significativas para ambas as concentrações de digluconato de clorexidina ($p < 0,001$)¹⁶, exibindo pontos de rutura inferiores aos do grupo controlo.

Já as cadeias da marca 3M Unitek® exibem um decréscimo mais evidente quando submetidas ao uso diário de digluconato de clorexidina a 0,2%, particularmente ao 14º dia. Ao 28º dia nota-se uma menor resistência à fratura das cadeias submergidas na solução de digluconato de clorexidina a 0,12% não sendo, no entanto, significativa ($p = 0,089$)¹⁷.

Observam-se diferenças estatisticamente significativas para as três marcas ($p = 0,002$)¹⁸ (Tabela 38, ANOVA *Fatorial*).

Tabela 38 – Tabela de comparações múltiplas para analisar diferenças entre as marcas.

Pairwise Comparisons						
Dependent Variable: Percurso (mm)						
(I) Marca	(J) Marca	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
					Lower Bound	Upper Bound
3M	TP	16,355 [*]	1,462	,000	26,393	23,078
	ORMCO	-1,381	1,462	,000	-1,778	1,854
TP	3M	-16,355 [*]	1,462	,000	-23,078	-26,393
	ORMCO	-24,171 [*]	1,462	,000	-24,487	-17,855
ORMCO	3M	1,381	1,462	,000	-1,854	1,778
	TP	24,171 [*]	1,462	,000	17,855	24,487

¹⁵ Tabela de comparações múltiplas de *Tukey* HSD em Anexo IV

¹⁶ Tabela de comparações múltiplas de *Tukey* HSD para Anexo IV

¹⁷ Tabela de comparações múltiplas de *Tukey* HSD em Anexo IV

¹⁸ Teste estatístico ANOVA *Fatorial* em Anexo III

1.4. Resumo dos resultados obtidos

As Figuras 29 e 30 fazem um resumo do comportamento ao 28º dia de cada uma das três marcas, submetidas diariamente às soluções estudadas, simulando o uso diário de um colutório frequentemente administrado durante o tratamento ortodôntico.

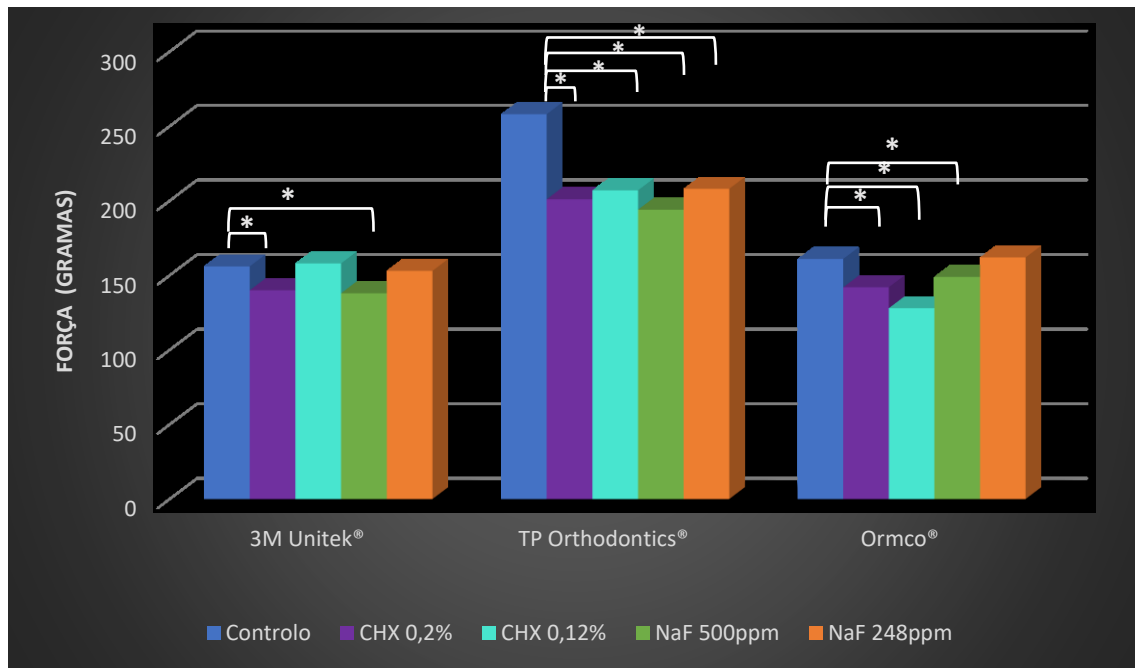


Figura 29 – Força das cadeias elásticas de cada uma das três marcas ao fim de 28 dias, após os diferentes tratamentos com as soluções de higiene oral. As estrelas representam diferenças significativas ($p < 0,05$).

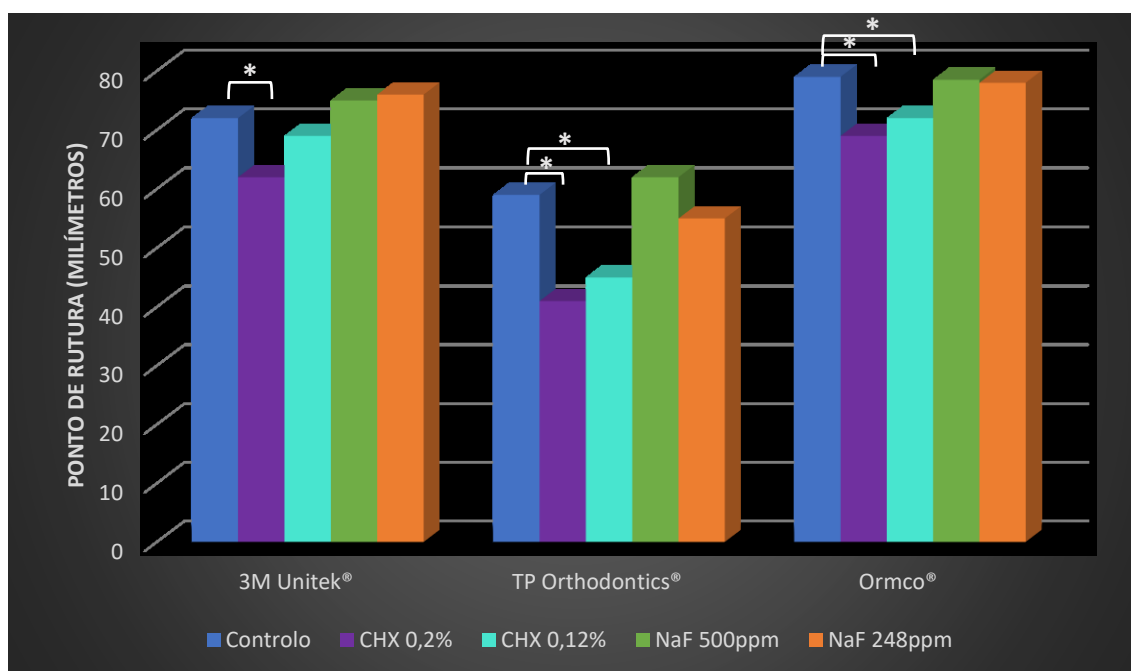


Figura 30 – Ponto de rutura das cadeias elásticas de cada uma das três marcas ao fim de 28 dias, após os diferentes tratamentos com as soluções de higiene oral. As estrelas representam diferenças significativas ($p < 0,05$).

O comportamento das três marcas quando expostas às soluções de higiene oral estudadas é diferente, como anteriormente mencionado. Observa-se ao longo do tempo que as cadeias da marca 3M Unitek® apresentam uma degradação significativa, exibindo uma perda da sua força superior ao grupo controlo, quando submetidas à solução de digluconato de clorexidina 0,2% ($p = 0,02$)¹⁹ e à solução de fluoreto de sódio contendo 500 ppm de flúor ($p < 0,001$)²⁰. Quanto ao seu ponto de rutura estas cadeias parecem ser influenciadas apenas pela solução de digluconato de clorexidina 0,2% ($p < 0,001$)²¹.

A marca Ormco® exibe uma degradação significativa da sua força ao longo do tempo, quando expostas às soluções de digluconato de clorexidina em ambas concentrações (0,12% e 0,2%) e, ainda, à solução de fluoreto de sódio contendo 500 ppm de flúor ($p < 0,001$)²². Quanto ao seu ponto de rutura, as cadeias elásticas resistem menos à fratura quando submetidas, diariamente, às soluções de digluconato de clorexidina, em ambas concentrações (0,12% e 0,2%) ($p < 0,001$)²³.

¹⁹ Tabela de comparações múltiplas de *Tukey* HSD em Anexo IV

²⁰ Tabela de comparações múltiplas de *Tukey* HSD em Anexo IV

²¹ Tabela de comparações múltiplas de *Tukey* HSD em Anexo IV

²² Tabela de comparações múltiplas de *Tukey* HSD em Anexo IV

²³ Tabela de comparações múltiplas de *Tukey* HSD em Anexo IV

Por fim, as cadeias da marca TP Orthodontics® apresentam diferenças significativas quando submetidas a todas as soluções teste de higiene oral, existindo um decréscimo da força ao longo do tempo superior ao do grupo controlo ($p < 0,001$)²⁴. Quanto ao seu ponto de rutura, as cadeias desta marca exibem uma degradação significativa quando expostas às soluções de digluconato de clorexidina, em ambas concentrações (0,12% e 0,2%) ($p < 0,001$)²⁵.

Nas Figuras 31, 32 e 33 observa-se a percentagem de força e resistência à fratura remanescente das cadeias elástica de cada uma das marcas estudadas, em relação à força e pontos de rutura iniciais.

Podemos perceber que as cadeias elásticas são mais afetadas na força, exibindo valores de degradação mais elevados, do que no ponto de rutura quando expostas às diferentes soluções de higiene oral.

Observa-se ao 28º dia que as cadeias da marca 3M Unitek® do grupo controlo apresentam uma percentagem de redução de força de 49%. Já na solução de digluconato de clorexidina 0,2% a perda de força é de 53,96% (Figura 31). Quanto ao ponto de rutura, a taxa de degradação no grupo submetido ao digluconato de clorexidina 0,2% é de 27,65% (Figura 31).

Já as cadeias da marcaOrmco® do grupo controlo exibem valores de perda de força de 52,17% e quando expostas à solução de digluconato de clorexidina 0,2% de 57,89%. Relativamente ao ponto de rutura é de 26,63% na solução de digluconato de clorexidina 0,2% (Figura 32).

As cadeias da marca TP Orthodontics® desenvolvem maiores níveis de força, ao longo do tempo. Ao 28º dia sofrem uma perda de força de 35,95% no grupo controlo e de 50,31% quando exposta à solução de digluconato de clorexidina 0,2%, como evidenciado na Figura 33. Quanto ao ponto de rutura a marca TP Orthodontics®, ao contrário do que ocorre no teste anterior, é a que parece ter valores médios mais baixos, apresentando menor resistência à fratura ao longo do tempo, para todas as soluções teste, sofrendo uma degradação de 40 %, em digluconato de clorexidina 0,2% (Figura 33).

²⁴ Tabela de comparações múltiplas de *Tukey* HSD em Anexo IV

²⁵ Tabela de comparações múltiplas de *Tukey* HSD em Anexo IV

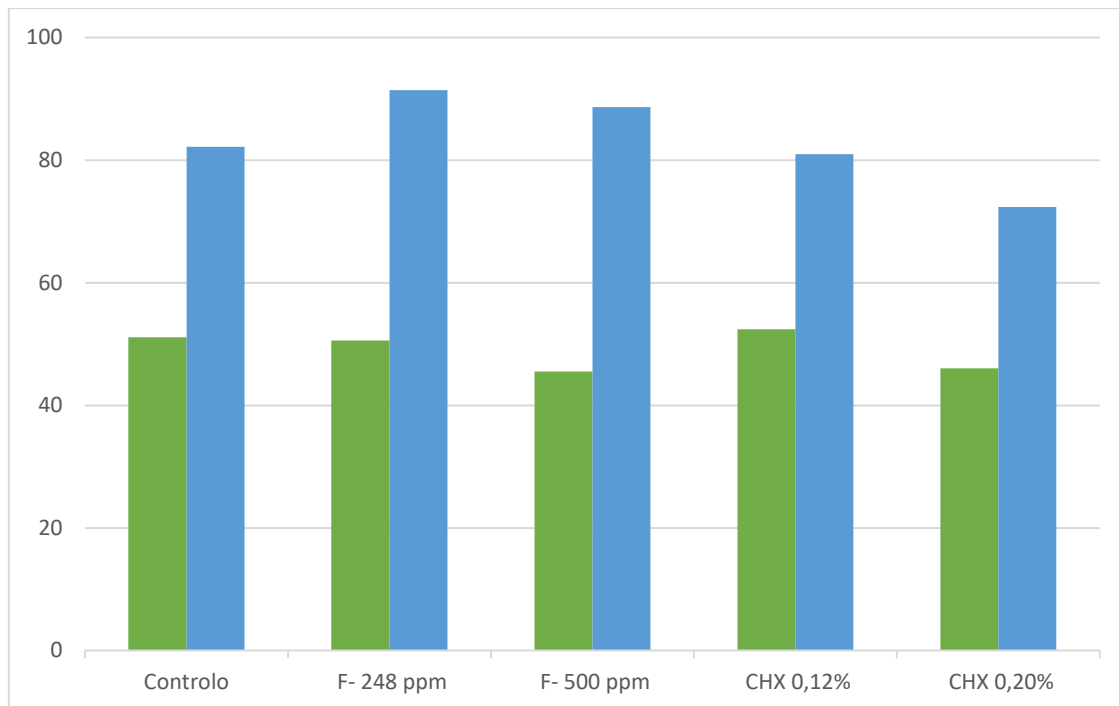


Figura 31 – Percentagem da força (verde) e resistência à rutura remanescente (azul) ao fim de 28 dias, das cadeias da **marca 3M Unitek®**.

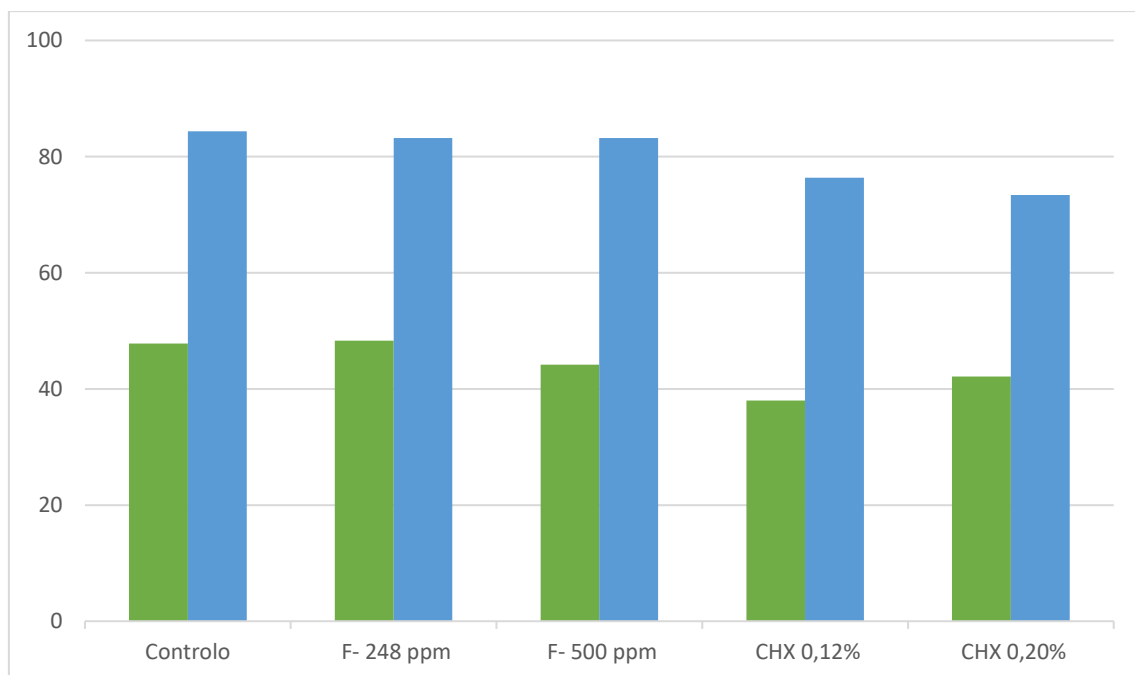


Figura 32 – Percentagem da força (verde) e resistência à rutura remanescente (azul) ao fim de 28 dias, das cadeias da **marca Ormco®**.

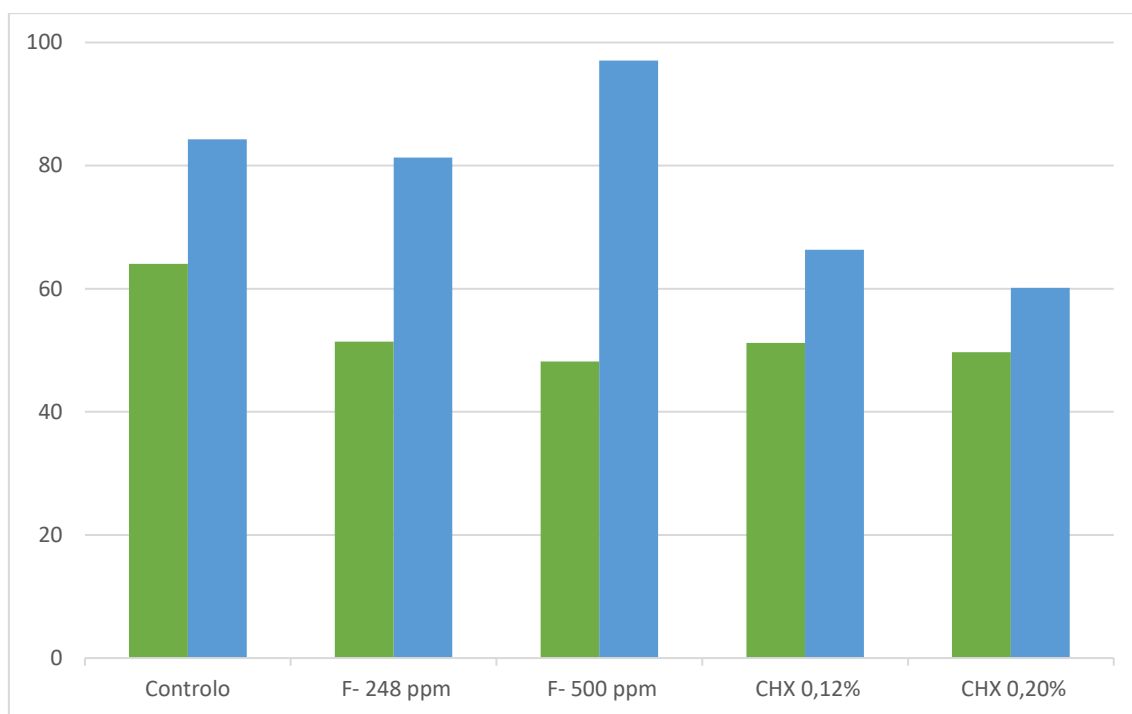


Figura 33 – Percentagem da força (verde) e resistência à rutura remanescente (azul) ao fim de 28 dias, das cadeias da **marca TP Orthodontics®**.

2. Discussão

2.1. Escolha da investigação e relevância clínica

O objetivo deste estudo foi avaliar o comportamento das cadeias elásticas ortodônticas, recorrendo a três marcas diferentes: 3M Unitek®, TP Orthodontics® eOrmco®, quando expostas a soluções de fluoreto de sódio e digluconato de clorexidina, em duas concentrações distintas, pretendendo simular o uso de colutórios frequentemente prescritos durante o tratamento ortodôntico.

“A força é a medicina em Ortodontia” – Sheldon Friel. O movimento ortodôntico dos dentes resulta da aplicação de uma força sobre estes (Kamisetty, Nimagadda, Begam, Nalamotu, & Srivastav, 2014). Os elásticos sintéticos em cadeia são materiais valiosos para o ortodontista, sendo fontes de transmissão dessa força aos dentes. Contudo essa força tem tendência a sofrer uma decadência ao longo do tempo (Araújo & Ursi, 2006), condicionando o tratamento ortodôntico ao levar a eventuais atrasos do movimento dentário (Pithon et al., 2014). Deste modo, para um tratamento seguro e eficaz, é preciso saber quais as forças que estão a ser aplicadas aos dentes. Neste sentido, este estudo torna-se pertinente, tendo como foco principal conhecer as propriedades físicas e mecânicas destes materiais (Henriques et al., 2003), e conjugar esta problemática da perda de força das cadeias elásticas à higiene oral de um paciente durante o tratamento ortodôntico. Será que se o ortodontista prescrever durante o tratamento um colutório oral altera significativamente a força que é exercida pelas cadeias elásticas, prejudicando o movimento dentário?

Foram feitos sete estudos similares para tentar responder a esta questão, contudo como evidenciado pela Tabela 1 (Introdução) os seus resultados mostraram-se contraditórios, justificando-se assim o desenvolvimento desta temática através da realização desta investigação.

Só procurando responder a estas questões se poderá tentar contornar as limitações destes materiais, e indo mais longe, melhorando a sua função na Ortodontia, tentando arranjar uma forma de estabilizar a quantidade de força que exercem ao longo do tempo.

2.2. Escolha do método de investigação

Para tentar responder aos objetivos propostos nesta investigação desenhou-se um estudo experimental *in vitro*. Segundo Mattos (2013) os estudos *in vitro* são preferíveis aos estudos *in vivo* para estudar e testar materiais. Neste tipo de estudos (*in vitro*) é possível um melhor controlo de diversos fatores, tais como, as forças da mastigação, a pigmentação provocada pela alimentação, ou a ação da microflora oral, sendo também a interação destes fatores mais clara para o investigador. Deste modo, torna-se mais fácil compreender se determinado constituinte dos colutórios de higiene oral afeta a degradação das diferentes cadeias elásticas, ao longo do tempo.

Assim, as amostras selecionadas para esta investigação foram os elásticos ortodônticos em cadeia, por serem os mais utilizados em Ortodontia (Quenzer, Lucato, Vedovello, Valdrighi, & Valdrighi Filho, 2015), e do tipo fechado transparentes. Optamos pelo tipo fechado porque são as cadeias que exibem uma perda de força menor ao longo do tempo (Halimi et al., 2013; Pithon et al., 2012), contendo cada segmento 8 argolas pelos mesmos motivos. De cor transparente porque a adição de pigmentos altera quimicamente a configuração molecular, resultando numa maior perda de força (Antony & Paulose, 2014; Loriato et al., 2006; Quenzer et al., 2015).

Segundo Massoud, Tsay, BeGole e Bedran-Russo (2014) os elásticos em cadeia podem ser estirados a 200%, 100% ou 50% do seu comprimento inicial, sendo que a 50% têm tendência a perder menos força ao longo do tempo. Por este motivo foram confeccionadas placas de resina acrílica com pinos de aço paralelos que foram colocados a uma distância de 30 mm para as marcas 3M Unitek® e TP Orthodontics® e 31,5 mm para a marcaOrmco®, para possibilitar que a cadeia elástica alcance um estiramento de 50% do seu tamanho inicial.

Deste modo, as cadeias elásticas foram mantidas em saliva artificial numa estufa incubadora a $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, sendo todos os dias retiradas e mergulhadas em diferentes soluções de fluoreto de sódio e digluconato de clorexidina. A utilização de saliva artificial justifica-se por ser este o melhor meio que simula as condições da cavidade oral, tendo até sido considerado o único meio que consegue afetar todos os elastómeros independentemente do seu módulo de elasticidade (Araújo & Ursi, 2006; Mattos, 2013; Pithon et al., 2014). Isto porque quando expostas à saliva, existe a formação de pontes de

hidrogénio entre as moléculas de água e as moléculas do elastómero condicionando, consequentemente, o enfraquecimento das forças intermoleculares existentes na composição química das cadeias elásticas (Kochenborger et al., 2011). Além disto, têm sido descritos na literatura tanto estudos *in vivo* como *in vitro*, onde os elásticos que são expostos a um ambiente húmido apresentam uma maior taxa de degradação da sua força elástica (Andreasen & Bishara, 1970; Antony & Paulose, 2014; Baty et al., 1994). Segundo Ash e Nicolai (1978) parece, ainda, existir diferenças mínimas nos resultados encontrados entre os estudos feitos com os elásticos em cadeia submetidos a um ambiente húmido e os estudos *in vivo* (Ash & Nicolai, 1978; Mattos, 2013). Utilizou-se a formulação de Fusayama/Meyer, pois esta é a versão mineral mais comum de saliva artificial para estudos onde se avalia e compara diferentes materiais dentários (Fusayama et al., 1963).

Outro aspeto a considerar é a temperatura a que os elásticos são submetidos já que constitui um fator que também os afetam significativamente (Araújo & Ursi, 2006), ao levar a que as cadeias elásticas percam a sua capacidade de retornar às suas configurações originais, induzindo a sua deformação (Kochenborger et al., 2011). Deste modo, optou-se pela temperatura de 37°C, uma vez que é a temperatura corporal do paciente.

O objetivo deste trabalho investigativo é perceber se o flúor e a clorexidina exercem um efeito na degradação das cadeias elásticas, ao longo do tempo. Para isso, preparou-se duas soluções de fluoreto de sódio, em duas concentrações diferentes: contendo 248 ppm e 500 ppm de flúor; e ainda, duas soluções de clorexidina na forma de digluconato de clorexidina, também esta em duas concentrações diferentes: a 0,12% e 0,2%. Optou-se por utilizar estas soluções em detrimento de se realizar o mesmo estudo mergulhando as cadeias elásticas em colutórios orais, uma vez que, ao serem submetidas aos colutórios orais não seria possível averiguar com objetividade qual o componente que provocaria a degradação das cadeias. Deste modo, pretendeu-se fazer um estudo mais específico, que questionasse apenas o efeito do fluoreto de sódio e do digluconato de clorexidina nas cadeias elásticas. As concentrações destas soluções foram escolhidas após um estudo detalhado da composição química dos diferentes colutórios, verificando-se que a maioria apresentava como componente dominante o fluoreto de sódio, em concentrações de flúor que variavam entre 224,7 a 567,3 ppm (Hanan, Souza, & Zacarias Filho, 2011). A utilização de 500 ppm e 248 ppm foi com o propósito de criar soluções com concentrações idênticas aos colutórios de higiene oral existentes no mercado. Quanto às soluções de

clorexidina, o seu estudo tornou-se pertinente uma vez que é considerada o agente antibacteriano mais eficaz na redução de *Streptococcus mutans* e de *Lactobacillus* spp. cujos níveis aumentam durante o tratamento ortodôntico (Omidkhoda, Rashed, & Khodarahmi, 2015). Segundo Pithon et al. (2012) a acumulação de placa bacteriana em torno dos *brackets* e bandas pode levar ao aparecimento de inflamação gengival. A prescrição de clorexidina têm um papel preventivo sobre este aspeto, particularmente, na forma de digluconato de clorexidina, por ser a sua forma mais potente e, neste caso, nas concentrações 0,12% e 0,2% que se justifica por serem as mais encontradas no mercado.

Ambas as soluções foram preparadas contendo 0% de álcool uma vez que existem estudos descritos na literatura que indicam a possibilidade de provocar diversos problemas de saúde aos pacientes, sendo atualmente aconselhado a prescrição de colutórios sem etanol (Sala et al., 2005; Tartaglia et al., 2016).

As cadeias elásticas foram diariamente retiradas da estufa, e mergulhadas nas soluções anteriormente referidas, durante 60 segundos, simulando o bochecho feito pelo paciente com o colutório oral. O bochecho de 60 segundos encontra-se descrito na literatura, e apesar de não existirem diferenças quanto à redução de biofilme entre bochechos de 15, 30 ou 60 segundos, acredita-se que nos bochechos com 60 segundos existe uma maior retenção dos componentes dos colutórios, particularmente, da clorexidina (Van der Weijden, Novotny, & Verkerk, 2005).

Definiram-se três momentos de avaliação das cadeias elásticas: ao 7º dia, ao 14º dia e ao 28º dia, que foram escolhidos com base no protocolo de ativações entre consultas (Kochenborger et al., 2011). Assim, as medições efetuadas ao 7º e 14º dia permitiriam acompanhar a degradação das cadeias elásticas ao longo do tempo, avaliando a eventual necessidade precoce da troca das cadeias elásticas. O tempo máximo da experiência ter sido 28 dias deve-se a que seja este o tempo que demora entre consultas de manutenção de ortodontia (Baty et al., 1994; Pithon et al., 2013; Pithon et al., 2012; Wong, 1976), sendo também estes os tempos definidos na grande maioria dos estudos que avaliam a degradação das cadeias elásticas (Javanmardi & Salehi, 2016; Omidkhoda et al., 2015; Pithon et al., 2013; Pithon et al., 2012).

A avaliação da possível degradação sofrida pelas cadeias elásticas foi realizada através de dois testes: a medição da força, com o auxílio do dinamómetro; e o teste à tração, com o auxílio da máquina de testes universais. O primeiro teste vai de encontro a

diversos estudos (Javanmardi & Salehi, 2016; Omidkhoda et al., 2015; Pithon et al., 2013; Pithon et al., 2012). O teste à tração avalia a resistência à fratura das cadeias elásticas, determinando o ponto de ruptura, o que é muito importante para perceber se existe um maior risco de fratura das cadeias, entre ativações, e neste caso, qual o efeito das soluções de fluoreto de sódio e digluconato de clorexidina nesta propriedade. É de destacar que a determinação plástica em milímetros torna a metodologia desta investigação mais precisa, em relação a estudos já existentes, que não recorreram a este instrumento (Antony & Paulose, 2014). Uma vez que as cadeias elásticas se encontravam sempre distendidas, como já foi anteriormente mencionado, de forma a evitar a recuperação elástica, estas eram manipuladas através de pinças, que impediam alterações nas distâncias de estiramento definidas, quando as cadeias eram colocadas nos aparelhos para serem testadas, evitando falsos resultados (Araújo & Ursi, 2006).

2.3. Discussão dos resultados

Após uma pesquisa na literatura existente e utilizada nesta investigação percebeu-se que não existiam estudos iguais ao presente anteriormente realizados. Assim sendo, foi feito uma comparação com os resultados obtidos noutros estudos correlacionados a este tema, onde as cadeias elásticas foram mergulhadas em colutórios, com uma composição química diversa, e não em soluções preparadas laboratorialmente contendo apenas fluoreto de sódio ou digluconato de clorexidina.

Foi possível concluir que as soluções de fluoreto de sódio interferem na força dos elásticos ortodônticos, estando de acordo com o estudo feito por Bratu et al. (2013) e Omidkhoda et al. (2015). É importante acrescentar que no presente trabalho, verificou-se diferenças significativas no comportamento das cadeias elásticas relativamente ao efeito das duas concentrações de fluoreto de sódio (com 248 ppm e 500 ppm), existindo maior degradação nas cadeias submetidas à concentração de 500 ppm. Deste modo, rejeitou-se a hipótese nula 1 e 2 do problema 1.

Em relação ao efeito que estas soluções possam ter sobre a resistência à fratura das cadeias elásticas, obtiveram-se resultados que mostram que as soluções de fluoreto de sódio em distintas concentrações ao 28º dia apresentavam valores não significativos de

pontos de rutura superiores aos do grupo controlo, o que nos levou a aceitar a hipótese nula 1 e 2 do problema 3.

Foi, também, possível observar que as soluções de digluconato de clorexidina afetavam a força exercida pelas cadeias elásticas. Estes resultados estiveram de acordo com o estudo de Omidkhoda et al. (2015) e não consonantes com os resultados obtidos no estudo desenvolvido por Pithon et al. (2012). Neste último os autores referem que a perda de força seria superior no grupo das cadeias elásticas submetidos à clorexidina a 0,12%, e isto apenas se verificou nesta investigação para as cadeias elásticas pertencentes à marcaOrmco®. No nosso estudo foi verificado que as maiores taxas de degradação das cadeias elásticas foram encontradas no grupo exposto à concentração de 0,2%. Isto pode justificar-se pela diferente metodologia utilizada neste estudo, nomeadamente a utilização de colutórios, e de soluções manipuladas de clorexidina e não na forma de digluconato de clorexidina.

Constatou-se que as soluções de digluconato de clorexidina nas concentrações 0,12% e 0,2% afetam a força das cadeias elásticas ortodônticas, ao longo do tempo. É, ainda, de destacar que, no geral, tal como ocorreu no estudo de Omidkhoda et al. (2015), as cadeias elásticas submetidas à clorexidina evidenciaram uma maior deterioração da força comparativamente às imersas constantemente em saliva artificial. Tal levou a que se rejeitasse as hipóteses nulas 1 e 2 do problema 2.

Quanto ao efeito que as soluções de digluconato de clorexidina possam ter sob o ponto de rutura das cadeias elásticas ao longo do tempo, foi observado que apenas o digluconato de clorexidina na concentração 0,2% mostrou ter efeito na resistência à tração dos elásticos em cadeia. Esta solução numa menor concentração, isto é, 0,12% não exerceu nenhum efeito no ponto de rutura das cadeias elásticas. Aceitou-se, assim, a hipótese nula 1 e rejeitou-se a hipótese nula 2 do problema 4.

De uma forma geral, percebemos que as soluções com concentrações superiores tanto de fluoreto de sódio (neste caso, com 500 ppm de flúor) como de digluconato de clorexidina (a 0,2%) são as que exercem maior degradação da força apresentada pelas cadeias ortodônticas. A solução de digluconato de clorexidina a 0,2% foi a única a exercer um efeito sob o ponto de rutura das cadeias elásticas. Isto pode explicar-se pela clorexidina ser o agente químico, presente na composição dos colutórios, mais potente disponível no mercado (Pithon et al., 2012).

Assim, neste trabalho foi possível observar que tanto as soluções de fluoreto de sódio como de digluconato de clorexidina afetam a força das cadeias elásticas, estando isto de acordo com o estudo de Omidkhoda et al. (2015) e de Javanmardi e Salehi (2016). Neste último foi comparado diferentes colutórios no comportamento das cadeias elásticas, verificando-se que apenas o colutório Orthokin®, que apresenta na sua composição simultaneamente fluoreto de sódio e digluconato de clorexidina, exercia um efeito na redução de força das cadeias elásticas ao longo do tempo, relativamente aos restantes colutórios (Persica® e Sensikin®), os quais não apresentavam estes dois componentes na sua composição.

Vários estudos descritos na literatura comparam distintas marcas comerciais, existentes no mercado (Araújo & Ursi, 2006; Baty et al., 1994; Buchmann et al., 2012; Kochenborger et al., 2011; Von Fraunhofer et al., 1992), sendo comum a todos eles que diferentes marcas apresentem diferentes comportamentos. Isto igualmente se confirmou nesta investigação, em todos os grupos de cadeias elásticas submetidas a diferentes soluções, onde se verificou que a força média e a média do ponto de rutura diferia entre marcas, levando-nos a rejeitar as hipóteses nulas 1 e 2 do problema 5.

Deste modo, percebeu-se que a marca TP Orthodontics®, em comparação com as restantes marcas estudadas, foi a que desempenhou maiores níveis de força ao longo do tempo. Resultados semelhantes foram encontrados nos estudos de Quenzer et al. (2015), Weissheimer et al. (2013) e Araújo e Ursi (2006). Isto pode ser explicado segundo Quenzer et al. (2015) pela configuração das cadeias elásticas desta marca.

No entanto, esta marca é também mais afetada pelas quatro soluções químicas de higiene oral estudadas, apresentando uma deterioração da força superior ao grupo controlo ao longo do tempo.

Contrariamente à avaliação da força, as cadeias da marca TP Orthodontics® exibem valores de pontos de rutura inferiores, parecendo ser mais suscetíveis à fratura quando expostas às soluções de digluconato de clorexidina, em ambas concentrações (0,12% e 0,2%).

Já as marcas 3M Unitek® eOrmco® apresentaram um perfil semelhante, sendo as cadeias elásticas da marca 3M Unitek® as que exibiram ao longo do tempo valores de força e pontos de rutura ligeiramente mais baixos, tal como ocorreu no estudo de Kochenborger et al. (2011). As cadeias da marca 3M Unitek® foram afetadas pelas

soluções de digluconato de clorexidina 0,2% e fluoreto de sódio contendo 500 ppm de flúor. Já no ponto de rutura apenas foi afetada pela solução de digluconato de clorexidina 0,2%.

Quanto às cadeias elásticas da marcaOrmco® verificou-se que a sua força foi afetada pelas soluções de fluoreto de sódio contendo 500 ppm de flúor e pelas duas soluções de digluconato de clorexidina, em ambas as concentrações (0,12% e 0,2%). Já no seu ponto de rutura foi afetada pelas duas soluções de digluconato de clorexidina, em ambas as concentrações.

Segundo Taloumis, Smith, O. Hondrum e Lorton (1997) as diferenças encontradas no comportamento entre as diferentes marcas justificam-se pelas variações existentes na qualidade das matérias-primas, que são utilizadas para fabricar os elásticos em cadeia, e pela composição interna destes, que varia entre fabricantes e à tecnologia utilizada (Taloumis, Smith, O. Hondrum, & Lorton, 1997; Wong, 1976). Certos autores acrescentam ainda, existir alguma dúvida no eficaz controlo da qualidade de produção destes materiais, mesmo dentro do mesmo lote (Andreasen & Bishara, 1970; Mattos, 2013).

Outra hipótese que justifica estas diferenças é a adição de agentes plastificantes, que pode diferir entre marcas e entre cadeias da mesma marca. Além disso, estes plastificantes, segundo Bhowmich e Salanone apresentam em meio aquoso um carácter migratório e, perdem-se ao longo do tempo aumentando a rigidez do elástico, contribuindo para a diminuição da sua força ao longo do tempo (Morales-Pulachet, Lavado-Torres, & Quea-Cahuana, 2014).

É possível afirmar que todos os estudos que envolvam elásticos ortodônticos de poliuretano afirmam que a sua força elástica vai diminuído ao longo do tempo (Ferriter, Meyers, & Lorton, 1990), existindo um decréscimo evidente da força que transmitem aos dentes (Andreasen & Bishara, 1970; Ash & Nikolai, 1978, Wong, 1976). É durante a primeira semana que ocorre a maior perda de força tal como se verificou nesta investigação (Andreasen & Bishara, 1970; Ferriter et al., 1990; Wong, 1976; Yagura, Baggio, Carreiro, & Takahashi, 2013). De um modo geral, as marcas avaliadas sofreram inicialmente um maior decréscimo na força, seguindo-se depois um período em que esta é perdida numa menor intensidade e de forma mais estável. Isto corrobora com os resultados obtidos nos estudos de distintos autores (Andreasen & Bishara, 1970; Ash &

Nikolai, 1978; Hershey & Reynolds, 1975; Kochenborger et al., 2011), e ainda nos estudos de Taloumis et al. (1997) e Souza, Mendes, Almeida e Quintão (2008), que analisam as ligaduras elásticas, outro tipo de elásticos sintéticos ortodônticos.

Ao fim dos 28 dias da experiência verificou-se que no grupo controlo a percentagem de degradação da força elástica sofrida pela marca 3M Unitek® era de 49% da força inicial, a da marcaOrmco® era de 52,17% e a da marca TP Orthodontics® era de 35,95%.

É ainda, importante referir que atendendo a estes valores observou-se que o ponto de rutura não é tão afetado pela exposição às soluções de higiene oral, como a força desempenhada pelas cadeias ortodônticas. Ao fim de 28 dias, as cadeias do grupo controlo das três marcas não sofreram uma diminuição significativa do ponto de rutura. Já quando expostas à solução de digluconato de clorexidina 0,2% as cadeias da marca 3M Unitek® perderam 27,65% da sua resistência inicial à fratura, as da marca TP Orthodontics® perderam 40% e, por fim, as da marcaOrmco® sofreram um decréscimo de 26,63%.

É possível observar, por vezes, resultados contraditórios entre investigações, e entre esta investigação e outras que a literatura apresenta. Isto pode dever-se às diferentes metodologias aplicadas, para avaliar a possível degradação sofrida pelas cadeias elásticas, o que nos dificulta, e por vezes, impossibilita a comparação dos resultados obtidos entre estudos, visto existirem fatores, tais como o número de elos da cadeia elástica, o estiramento a que os elásticos são sujeitos, o número de vezes que são mergulhados nas soluções/ colutórios, que modificam o comportamento destes materiais ao longo do tempo.

Os resultados permitem, no entanto, perceber que as quatro soluções: de fluoreto de sódio e de digluconato de clorexidina, preparadas em concentrações similares às encontradas nos colutórios orais comercializados, têm um papel na degradação das cadeias elásticas ortodônticas, influenciando o seu comportamento ao longo do tempo.

Desta forma, podemos perceber que o fluoreto de sódio, numa concentração baixa (de 248 ppm) é uma melhor hipótese para ser receitado durante o tratamento. Segundo Mohammed, Lynch e Anderson (2014) a prescrição de baixas concentrações de flúor é uma medida preventiva, tendo um papel na redução da desmineralização dentária, que ocorre frequentemente nos pacientes submetidos ao tratamento ortodôntico. Já as altas concentrações de flúor atuam na remineralização, devendo ser prescritas numa fase inicial de dissolução do esmalte. Quanto à clorexidina, esta mostrou degradar mais as cadeias

elásticas, sendo por isso recomendado a sua prescrição em casos mais específicos, tais como, quando o paciente apresenta inflamação gengival (Sala et al., 2015).

O ortodontista desempenha, deste modo, um papel fundamental, cabendo a si a decisão sob qual a cadeia elástica mais indicada para o paciente, assim como o período certo para a sua substituição, e, ainda, qual o colutório mais apropriado a ser prescrito, tendo em atenção os efeitos da conjugação destes dois fatores, de forma a garantir a segurança e eficácia do tratamento ortodôntico, priorizando o mínimo dano tecidual.

2.4. Limitações da investigação

Apesar das vantagens dos estudos *in vitro* para avaliar materiais, já anteriormente descritas, continua a ser um estudo onde existem fatores que não são tidos em conta e que influenciam a degradação das cadeias elásticas, nomeadamente, a complexa microflora existente na cavidade oral, as variações do pH provocadas pela alimentação, ou os níveis enzimáticos presentes na saliva do paciente (Mattos, 2013).

É de referir ainda a lavagem das cadeias elásticas após o mergulho nas soluções de higiene oral como uma limitação deste estudo, uma vez que é recomendado que o paciente não lave a boca com água após o bochecho com o colutório.

No presente trabalho também não foi feita a simulação da movimentação dentária, que é um dos fatores que contribui para a redução da força destes materiais ao longo do tempo (Araújo & Ursi, 2006).

2.5. Sugestões para estudos futuros

O presente estudo conclui que o fluoreto de sódio e o digluconato de clorexidina efetivamente afetam as cadeias elásticas ao longo do tempo, no entanto, seria relevante elaborar mais trabalhos de investigação semelhantes nesta área, com uma amostra maior, uma vez que os estudos precedentes existentes não permitem obter conclusões similares entre si e também comparando com esta investigação.

Seria também interessante serem feitos estudos futuros onde fossem avaliados outros componentes dos colutórios individualmente, e também o efeito dos próprios

colutórios sob os elásticos uma vez que são estes os que estão disponíveis no mercado e ao qual os pacientes têm acesso.

Seria igualmente pertinente realizar-se um estudo onde fossem avaliadas outras marcas comerciais, uma vez que se constatou neste projeto existirem diferenças significativas entre a avaliação global das cadeias elásticas realizada inicialmente, e a avaliação e comparação detalhada do comportamento entre marcas.

A existência de diferenças significativas entre o comportamento das marcas avaliadas nesta investigação, indica a importância de serem elaborados estudos que nos permita analisar a composição química das diversas marcas e o efeito, do ponto de vista químico, que as soluções de higiene oral têm nestas, com o objetivo que se alcançar melhores propriedades físicas e químicas das cadeias elásticas ortodônticas, permitindo a manutenção dos níveis de força desenvolvidos por estes materiais, possibilitando a eficácia do tratamento ortodôntico.

IV. Conclusões

Na tentativa de dar resposta aos objetivos desenhados para este projeto experimental, e através da integração dos resultados obtidos, conclui-se que:

A. Avaliação global das cadeias elásticas ortodônticas

1. Existem diferenças significativas no comportamento das cadeias elásticas submetidas a soluções químicas de higiene oral, neste caso, fluoreto de sódio e digluconato de clorexidina, em diferentes concentrações.
2. Os resultados deste estudo são indicadores que o bochecho diário com uma solução de fluoreto de sódio contendo 248 ppm e 500 ppm de flúor parece afetar a força, mas não afeta o ponto de rutura das cadeias elásticas ao longo do tempo.
3. Os resultados deste estudo são indicadores que o bochecho diário com uma solução de digluconato de clorexidina a 0,12% e 0,2% parece afetar a força ao longo do tempo. No entanto, apenas a solução de digluconato de clorexidina a 0,2% afeta o ponto de rutura das cadeias elásticas ao longo do tempo.
4. De uma forma geral, verificou-se que o uso diário de uma solução de fluoreto de sódio com 248 ppm de flúor, isto é, uma concentração de flúor mais baixa é a que parece degradar menos as cadeias elásticas ortodônticas. Enquanto que as soluções mais concentradas, ou seja, de fluoreto de sódio com 500 ppm de flúor e de digluconato de clorexidina a 0,2% parecem degradar mais as cadeias elásticas.

B. Avaliação das diferenças encontradas no comportamento das três marcas

5. As três marcas de cadeias elásticas avaliadas exibem comportamentos diferentes entre si ao longo do tempo. Existem, ainda, diferenças nas duas características físicas avaliadas: a medição da força e o teste à tração. As cadeias não demonstraram ser tão afetadas nos seus pontos de rutura ao longo do tempo.
6. A marca TP Orthodontics® revelou níveis de força superiores, e ao mesmo tempo, menor resistência à fratura. É afetada, quanto à sua força, por todas as soluções de higiene oral estudadas. Relativamente ao seu ponto de rutura foi afetada pelas duas soluções de digluconato de clorexidina (0,12% e 0,2%).

7. A marca 3M Unitek® mostrou perder maiores níveis de força quando submetida às soluções de fluoreto de sódio contendo 500 ppm e de digluconato de clorexidina 0,2%. Quanto ao seu ponto de ruptura, apenas se mostrou ser afetada pela solução de digluconato de clorexidina 0,2%.
8. A marcaOrmco® apresentou uma redução da sua força quando submetidas a fluoreto de sódio contendo 500 ppm de flúor e a ambas as soluções de digluconato de clorexidina (0,12% e 0,2%). Exibiu, de um modo geral, pontos de ruptura mais elevados que as restantes duas marcas, no entanto, foi afetada por ambas as soluções de digluconato de clorexidina (0,12% e 0,2%).

Referências Bibliográficas

- Alexandre, L. P., de Oliveira Júnior, G., Dressano, D., Paranhos, L. R., & Scanavini, M. A. (2008). Avaliação das propriedades mecânicas dos elásticos e cadeias elastoméricas em ortodontia. *Revista Odontologia, São Bernardo do Campo*, 16(32), 53–63.
- Andreasen, G. F., & Bishara, S. (1970). Comparison of alastik chains with elastics involved with intra-arch molar to molar forces. *The Angle Orthodontist*, 40(3), 151–158.
- Antony, P. J., & Paulose, J. (2014). An in-vitro study to compare the force degradation of pigmented and non-pigmented elastomeric chains. *Indian Journal of Dental Research*, 25(2), 208.
- Anusavice, K. J., Shen, C., & Rawls, H. R. (2013). *Phillips' science of dental materials*, 12th edition. Elsevier Health Sciences.
- Araujo, F. B. D. C., & Ursi, W. J. D. S. (2006). Study of force degradation produced by synthetic orthodontic elastics. *Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial*, 11(6), 52–61.
- Ash, J. L., & Nikolai, R. J. (1978). Relaxation of orthodontic elastomeric chains and modules in vitro and in vivo. *Journal of Dental Research*, 57(5–6), 685–690.
- Baratieri, C., Mattos, C. T., Alves Jr, M., Lau, T. C. L., Nojima, L. I., Souza, M. M. G. D., ... & Nojima, M. D. C. G. (2012). In situ evaluation of orthodontic elastomeric chains. *Brazilian Dental Journal*, 23(4), 394–398.
- Bardal, P. A. P., Olympio, K. P. K., Bastos, J. R. D. M., Henriques, J. F. C., & Buzalaf, M. A. R. (2011). Education and motivation in oral health: preventing disease and promoting health in patients undergoing orthodontic treatment. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 16(3), 95–102.
- Baty, D. L., Storie, D. J., & Joseph, A. (1994). Synthetic elastomeric chains: a literature review. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 105(6), 536–542.
- Baty, D. L., Volz, J. E., & Joseph, A. (1994). Force delivery properties of colored

- elastomeric modules. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 106(1), 40–46.
- Bishara, S. E., & Andreasen, G. F. (1970). A comparison of time related forces between plastic alastiks and latex elastics. *The Angle Orthodontist*, 40(4), 319–328.
- Bratu, D. C., Pop, S. I., Balan, R., Dudescu, M., Petrescu, H. P., & Popa, G. (2013). Effect of Different Artificial Saliva on the Mechanical Properties of Orthodontic Elastomers Ligatures. *Materiale Plastice*, 50, 49–52.
- Buchmann, N., Senn, C., Ball, J., & Brauchli, L. (2011). Influence of initial strain on the force decay of currently available elastic chains over time. *The Angle Orthodontist*, 82(3), 529–535.
- Bullock, S., & Manias, E. (2013). *Fundamentals of pharmacology*, 7th edition. Pearson Higher Education AU.
- Carrillo, R. S. (2013). O uso do elástico em ortodontia. Santo André.
- Davies, R., Scully, C., & Preston, A. J. (2010). Dentifrices-an update. *Medicina Oral Patologia Oral y Cirurgia Bucal*, 15(6), 976-982.
- Eliades, T., Eliades, G., Silikas, N., & Watts, D. C. (2004). Tensile properties of orthodontic elastomeric chains. *The European Journal of Orthodontics*, 26(2), 157–162.
- Ellwood, R., & Fejerskov, O. (2005). Uso clínico do flúor. *Fejerskov O, Kidd E. Cárie Dentária: a doença e seu tratamento clínico. São Paulo: Santos*, 189–219.
- Emilson, C. G. (1994). Potential efficacy of chlorhexidine against mutans streptococci and human dental caries. *Journal of Dental Research*, 73(3), 682–691.
- Ferriter, J. P., Meyers, C. E., & Lorton, L. (1990). The effect of hydrogen ion concentration on the force-degradation rate of orthodontic polyurethane chain elastics. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 98(5), 404–410.
- Ficho, A. C., Capistrano, A., Castro, R. C. F., Cardoso, M. A., & de Almeida-Pedrin, R. (2014). Avaliação da higiene bucal em pacientes ortodônticos. *Revista Sociedade Paulista de Ortodontia*, 47(5), 421-431.

- Fusayama, T., Katayori, T., & Nomoto, S. (1963). Corrosion of gold and amalgam placed in contact with each other. *Journal of Dental Research*, 42(5), 1183–1197.
- Haas, A. N., Pannuti, C. M., Andrade, A. K. P. D., Escobar, E. C., Almeida, E. R. D., Costa, F. O., ... & Oppermann, R. V. (2014). Mouthwashes for the control of supragingival biofilm and gingivitis in orthodontic patients: evidence-based recommendations for clinicians. *Brazilian Oral Research*, 28(SPE), 1–8.
- Halimi, A., Benyahia, H., Doukkali, A., Azeroual, M. F., & Zaoui, F. (2012). Étude systématique de la dégradation de la force libérée par la chaînette élastomérique. *International Orthodontics*, 10(3), 223–240.
- Hanan, S. A., Souza, A. P., & Zacarias Filho, R., P. (2011). Avaliação da concentração de flúor, do pH, da viscosidade e do teor de sólidos solúveis totais em enxaguatórios bucais fluoretados disponíveis comercialmente na cidade de Manaus. *Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada*, 11(4).
- Henriques, J. F. C., Hayasaki, S. M., & Henriques, R. P. (2003). Elásticos ortodônticos: como selecioná-los e utilizá-los de maneira eficaz. *Jornal Brasileiro Ortodontia e Ortopedia Facial*, 8(48), 471–475.
- Hershey, H. G., & Reynolds, W. G. (1975). The plastic module as an orthodontic tooth-moving mechanism. *American Journal of Orthodontics*, 67(5), 554–562.
- Javanmardi, Z., & Salehi, P. (2016). Effects of Orthokin, Sensikin and Persica mouth rinses on the force degradation of elastic chains and NiTi coil springs. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*, 10(2), 99.
- Kamisetty, S. K., Nimagadda, C., Begam, M. P., Nalamotu, R., Srivastav, T., & GS, S. (2014). Elasticity in Elastics-An in-vitro study. *Journal of International Oral Health*, 6(2), 96–105.
- Kim, K.-H., Chung, C.-H., Choy, K., Lee, J.-S., & Vanarsdall, R. L. (2005). Effects of prestretching on force degradation of synthetic elastomeric chains. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 128(4), 477–482.
- Kochenborger, C., Silva, D. L. D., Marchioro, E. M., Vargas, D. A., & Hahn, L. (2011). Assessment of force decay in orthodontic elastomeric chains: An in vitro study. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 16(6), 93–99.

- Larrabee, T. M., Liu, S. S. Y., Torres-Gorena, A., Soto-Rojas, A., Eckert, G. J., & Stewart, K. T. (2012). The effects of varying alcohol concentrations commonly found in mouth rinses on the force decay of elastomeric chain. *The Angle Orthodontist*, 82(5), 894–899.
- Loriato, L. B., Machado, A. W., & Pacheco, W. (2006). Considerações clínicas e biomecânicas de elásticos em Ortodontia. *Revista Clínica Ortodontia Dental Press*, 5(1), 43–55.
- Losito, K. A. B., Lucato, A. S., Tubel, C. A. M., Correa, C. A., & Santos, J. C. B. D. (2014). Force decay in orthodontic elastomeric chains after immersion in disinfection solutions. *Brazilian Journal of Oral Sciences*, 13(4), 266–269.
- Macêdo, É. D. O. D. D., Collares, F. M., Leitune, V. C. B., Samuel, S. M. W., & Fortes, C. B. B. (2012). Pigment effect on the long term elasticity of elastomeric ligatures. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 17(3), 1–6.
- Martins, M. M., Mendes, A. D. M., Guimarães, S. D. S., Ramos, V. F., Goldner, M. T. D. A., & Almeida, M. A. D. O. (2006). Estudo comparativo entre as diferentes cores de ligaduras elásticas. *Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial*, 11(4), 81–90.
- Masoud, A. I., Tsay, T. P., BeGole, E., & Bedran-Russo, A. K. (2014). Force decay evaluation of thermoplastic and thermoset elastomeric chains: a mechanical design comparison. *The Angle Orthodontist*, 84(6), 1026–1033.
- Mattos, F. S. (2013). Avaliação da deformação de cadeias elásticas submetidas a diferentes meios de descontaminação (Tese de doutoramento). Universidade da cidade de São Paulo, Brasil.
- Mirhashemi, A. H., Farahmand, N., & Borujeni, E. S. (2016). Application of Elastomeric Chains in Orthodontics: Past, Present and Future. *Iranian Journal of Orthodontics*, 11(2), 54-63.
- Mirhashemi, A. H., Saffarshahrudi, A., Sodagar, A., & Atai, M. (2012). Force-degradation pattern of six different orthodontic elastomeric chains. *Journal of Dentistry (Tehran, Iran)*, 9(4), 204.
- Mohammed, N. R., Lynch, R. J. M., & Anderson, P. (2014). Effects of fluoride

- concentration on enamel demineralization kinetics in vitro. *Journal of Dentistry*, 42(5), 613–618.
- Morales-Pulachet, E. C. (2015). Degradación de fuerzas en cadenas elastoméricas de dos marcas diferentes. Estudio in vitro. *Revista Kiru*, 11(2), 110-114.
- Moris, A., Sato, K., Facholli, A. F. D. L., Nascimento, J. E., & Sato, F. R. L. (2009). Estudo in vitro da degradação da força de elásticos ortodônticos de látex sob condições dinâmicas. *Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial*, 14(2), 95-108.
- Nachan, R. A., Kalia, A., & Al-Shahrani, I. (2015). Force Degradation of Orthodontic Elastomeric Chain due to Commonly Consumed Liquids: An in vitro Study. *World Journal of Dentistry*, 6(1), 31–38.
- Neto, J. J. F. (2001). A influência do tamanho e do pré-estiramento sobre a degradação da força de elásticos em cadeia (Tese de doutoramento). Faculdade Odontologia da Universidade Federal Fluminense, Niterói.
- Neto, J. J. F., & Caetano, M. T. O. (2010). A Degradação da Força de Segmentos de Elásticos em Cadeia de Diferentes Tamanhos – Estudo Comparativo In Vitro. *Jornal Brasileiro de Ortodontia & Ortopedia Facial*, 9(51), 225-233.
- Omidkhoda, M., Rashed, R., & Khodarahmi, N. (2015). Evaluation of the effects of three different mouthwashes on the force decay of orthodontic chains. *Dental Research Journal*, 12(4), 348.
- Parashar, A. (2015). Mouthwashes and Their Use in Different Oral Conditions. *Scholars Journal of Dental Sciences*, 2, 186–191.
- Pegado, F. J. N. (2010). Infecções orais por *Streptococcus* spp. e suas repercussões por via sistêmica (Tese de Mestrado). Universidade Fernando Pessoa, Porto.
- Proffit, W. R., Fields, H. W., & Sarver, D. M. (2013). *Contemporary orthodontics*, 5th edition. Elsevier/Mosby.
- Quenzer, J. P., Lucato, A. S., Vedovello, S. A. S., Valdrighi, H. C., & Vedovello Filho, M. (2015). Influence of elastic chain in the degradation of orthodontic forces-in vitro study. *Revista de Odontologia da UNESP*, 44(6), 320–325.

- Relvas, V. F. D. S. R. (2015). Efeito do uso de antissépticos na flora oral (Tese de doutoramento). Universidade Fernando Pessoa, Porto.
- Ren, Y., Maltha, J. C., & Kuijpers-Jagtman, A. M. (2003). Optimum force magnitude for orthodontic tooth movement: a systematic literature review. *The Angle Orthodontist*, 73(1), 86–92.
- Sala, C., García, E., Sala, P. C., & García, P. B. (2005). *Odontología preventiva y comunitaria: principios, métodos y aplicaciones*, 4th edition. Elsevier.
- Santos, A. F. K. D. (2013). Efetividade de antissépticos bucais na prevenção da colonização bacteriana em pacientes com braquetes ortodônticos. Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil.
- Santos, R. L. D., Pithon, M. M., & Romanos, M. T. V. (2013). The effect of different pH levels on conventional vs. super-force chain elastics. *Materials Research*, 16(1), 246–251.
- Schwarz, A. M. (1932). Tissue changes incidental to orthodontic tooth movement. *International Journal of Orthodontia, Oral Surgery and Radiography*, 18(4), 331–352.
- Silva, A. S. M. da. (2016). Microbioma oral: o seu papel na saúde e na doença (Tese de mestrado). Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Lisboa.
- Singh, V. P., Pokharel, P. R., Pariekh, K., Roy, D. K., Singla, A., & Biswas, K. P. (2012). Elastics in orthodontics: a review. *Health Renaissance*, 10(1), 49–56.
- Souza, E. V., Moraes Mendes, A., Oliveira Almeida, M. A., & Quintão, C. C. A. (2008). Percentual de degradação das forças liberadas por ligaduras elásticas. *Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial*, 13(2), 138-145.
- Stanguerlin, C. (2015). Lesões de mancha branca em pacientes com aparelho ortodôntico fixo: revisão de literatura (Tese de mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil.
- Taloumis, L. J., Smith, T. M., Hondrum, S. O., & Lorton, L. (1997). Force decay and deformation of orthodontic elastomeric ligatures. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 111(1), 1–11.

- Tartaglia, G. M., Kumar, S., Fornari, C. D., Corti, E., & Connelly, S. T. (2017). Mouthwashes in the 21st century: a narrative review about active molecules and effectiveness on the periodontal outcomes. *Expert Opinion on Drug Delivery*, 14(8), 973–982.
- Van der Weijden, F. A., Van der Sluijs, E., Ciancio, S. G., & Slot, D. E. (2015). Can chemical mouthwash agents achieve plaque/gingivitis control? *Dental Clinics*, 59(4), 799–829.
- Van der Weijden, G. A., Timmerman, M. F., Novotny, A. G. A., Rosema, N. A. M., & Verkerk, A. A. J. (2005). Three different rinsing times and inhibition of plaque accumulation with chlorhexidine. *Journal of Clinical Periodontology*, 32(1), 89–92.
- Von Fraunhofer, J. A., Coffelt, M. T. P., & Orbell, G. M. (1992). The effects of artificial saliva and topical fluoride treatments on the degradation of the elastic properties of orthodontic chains. *The Angle Orthodontist*, 62(4), 265–274.
- Weissheimer, A., Locks, A., Menezes, L. M. D., Borgatto, A. F., & Derech, C. D. A. (2013). In vitro evaluation of force degradation of elastomeric chains used in orthodontics. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 18(1), 55–62.
- Wong, A. K. (1976). Orthodontic elastic materials. *The Angle Orthodontist*, 46(2), 196–205.
- Yagura, D., Baggio, P. E., Carreiro, L. S., & Takahashi, R. (2013). Deformation of elastomeric chains related to the amount and time of stretching. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 18(3), 136–142.
- Young, J., & Sandrik, J. L. (1979). The influence of preloading on stress relaxation of orthodontic elastic polymers. *The Angle Orthodontist*, 49(2), 104–109.

Anexos

Anexo I: Avaliação da força e ponto de rutura do grupo controlo.

- Avaliação da força, ao longo do tempo.

ANOVA Fatorial

Variável dependente: Dinamómetro (g)

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
Modelo corrigido	209462,137 ^a	5	41892,427	24,900	,000
Intercepto	13867700,680	1	13867700,680	8242,575	,000
Saliva	40875,385	1	40875,385	24,295	,000
Tempo_d	123748,803	2	61874,402	36,776	,000
Saliva * Tempo_d	8524,872	2	4262,436	2,533	,041
Erro	974137,180	579	1682,448		
Total	21463200,000	585			
Total corrigido	1183599,316	584			

- Avaliação do ponto de rutura, ao longo do tempo.

ANOVA Fatorial

Variável dependente: Percurso (mm)

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
Modelo corrigido	9176,038 ^a	5	1835,208	6,596	,000
Intercepto	1894205,296	1	1894205,296	6807,845	,000
Saliva	893,940	1	893,940	3,213	,074
Tempo_d	7711,785	2	3855,892	13,858	,000
Saliva * Tempo_d	1145,221	2	572,610	2,058	,129
Erro	161100,142	579	278,239		
Total	3053318,914	585			
Total corrigido	170276,179	584			

Anexo II: Teste de Levene

Este teste permite validar os pressupostos da ANOVA, neste caso, a homogeneidade das variâncias.

Test of Homogeneity of Variances

Dinamômetro (g)

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
7,540	2	582	,001

Como $p = 0,001$ constatamos que as variâncias não são homogêneas. A Anova é sensível a este facto, por isso devemos confirmar os resultados utilizando um teste não paramétrico que compara medianas (o teste estatístico *Kruskal-Wallis*).

Anexo III: Avaliação do comportamento das marcas submetidas às soluções de fluoreto de sódio e de digluconato de clorexidina.

- Avaliação da força, ao longo do tempo.

ANOVA Fatorial

Variável dependente: Dinamômetro (g)

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
Modelo corrigido	817537,778 ^a	44	18580,404	27,409	,000
Intercepto	15503488,030	1	15503488,030	22870,153	,000
Tempo_d	114554,274	2	57277,137	84,493	,000
Marca	352731,197	2	176365,598	260,168	,000
CHX	43389,744	2	21694,872	32,003	,000
NaF	34743,590	2	17371,795	25,626	,000
Tempo_d * Marca	7595,726	4	1898,932	2,801	,025
Tempo_d * CHX	14451,282	4	3612,821	5,329	,000
Tempo_d * NaF	6403,419	4	1600,855	2,362	,052
Marca * CHX	22311,111	4	5577,778	8,228	,000
Marca * NaF	15531,624	4	3882,906	5,728	,000
CHX * NaF	,000	0	.	.	.
Tempo_d * Marca * CHX	11042,735	8	1380,342	2,036	,040
Tempo_d * Marca * NaF	12341,880	8	1542,735	2,276	,021

Tempo_d * CHX * NaF	,000	0	.	.	.
Marca * CHX * NaF	,000	0	.	.	.
Tempo_d * Marca * CHX * NaF	,000	0	.	.	.
Erro	366061,539	540	677,892		
Total	21463200,000	585			
Total corrigido	1183599,316	584			

- Avaliação do ponto de rutura, ao longo do tempo.

ANOVA Fatorial

Variável dependente: Percurso (m)

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	Sig.
Modelo corrigido	76518,475 ^a	44	1739,056	10,016	,000
Intercepto	2265999,537	1	2265999,537	13051,085	,000
Marca	43069,301	2	21534,651	124,029	,000
CHX	2503,640	2	1251,820	7,210	,001
NaF	222,847	2	111,423	,642	,527
Tempo_d	3661,959	2	1830,979	10,546	,000
Marca * CHX	828,652	4	207,163	1,193	,313
Marca * NaF	1698,239	4	424,560	2,445	,042
Marca * Tempo_d	800,530	4	200,133	1,153	,331
CHX * NaF	,000	0	.	.	.
CHX * Tempo_d	2169,561	4	542,390	3,124	,015
NaF * Tempo_d	1277,036	4	319,259	1,839	,120
Marca * CHX * NaF	,000	0	.	.	.
Marca * CHX * Tempo_d	2665,725	8	333,216	1,919	,002
Marca * NaF * Tempo_d	663,408	8	82,926	,478	,040
CHX * NaF * Tempo_d	,000	0	.	.	.
Marca * CHX * NaF * Tempo_d	,000	0	.	.	.
Erro	93757,704	540	173,625		
Total	3053318,914	585			
Total corrigido	170276,179	584			

Anexo IV: Avaliação da força e ponto de rutura ao 28º dia entre as três marcas estudadas

Como se observou diferenças significativas entre o comportamento das três marcas recorreu-se ao teste de comparações múltiplas de *Tukey HSD*.

- 3M Unitek®

28- D	Tukey HSD	Controlo	NAF248	15,375	3,9665	,982	7,698	31,21
			NAF500	19,097	3,9665	,000	8,049	41,12
			CHX 0,12	19,732	3,9665	,703	14,169	46,21
			CHX 0,2	15,734	3,9665	,002	-9,042	-6,99
		NAF248	Controlo	-15,375	3,9665	,982	6,725	23,24
			NAF 500	4,372	3,9665	,018	-7,976	27,18
			CHX 0,12	4,375	3,9665	,833	6,898	19,74
			CHX 0,2	3,752	3,9665	,000	12,098	4,12
		NAF500	Controlo	-19,097	3,9665	,000	-9,876	21,18
			NAF 248	-4,372	3,9665	,018	-23,45	16,91
			CHX 0,12	1,234	3,9665	,003	-29,87	-0,88
			CHX 0,2	6,7895	3,9665	,124	-12,45	22,12
		CHX 0,12	Controlo	-19,732	3,9665	,703	-5,123	14,99
			NAF 248	-4,375	3,9665	,833	11,234	17,61
			NAF 500	6,789	3,9665	,003	-19,78	75,31
			CHX 0,2	10,345	3,9665	,023	-40,22	12,34
		CHX 0,2	Controlo	-15,734	3,9665	,002	9,897	4,12
			NAF 248	-3,752	3,9665	,000	23,432	18,88
			NAF 500	-6,789	3,9665	,124	7,894	-0,88
			CHX 0,12	-10,345	3,9665	,023	3,879	27,12

a. Marcas = 3M UNITEK

28- T (mm)	Tukey HSD	Controlo	NAF248	7,881	1,2345	,102	5,88	23,51
			NAF500	6,623	1,2345	,240	14,88	2,342
			CHX 0,12	2,619	1,2345	,089	19,88	8,371
			CHX 0,2	3,456	1,2345	,000	-31,12	-8,769
		NAF248	Controlo	-7,881	1,2345	,102	4,12	12,24
			NAF 500	-1,264	1,2345	,268	,88	42,38
			CHX 0,12	-5,718	1,2345	,143	-41,12	14,56
			CHX 0,2	-3,456	1,2345	,000	-22,12	9,765
		NAF500	Controlo	-6,623	1,2345	,240	-8,12	26,45
			NAF 248	1,264	1,2345	,268	-46,12	3,456
			CHX 0,12	-4,453	1,2345	,121	-27,12	-9,877
			CHX 0,2	7,891	1,2345	,000	-18,12	2,766
		CHX 0,12	Controlo	-2,619	1,2345	,089	-14,51	20,99
			NAF 248	5,718	1,2345	,143	,98	14,67
			NAF 500	4,439	1,2345	,121	-10,11	34,66
			CHX 0,2	3,514	1,2345	,223	-40,22	19,87
		CHX 0,2	Controlo	-17,454	1,2345	,000	3,23	34,67
			NAF 248	-3,456	1,2345	,000	60,21	19,76
			NAF 500	-7,891	1,2345	,000	9,78	-2,333
			CHX 0,12	-3,514	1,2345	,223	7,65	6,789

a. Marcas = 3M UNITEK

- Ormco®

28- D	Tukey HSD	Controlo	NAF248	10,000	4,3278	,062	2,417	3,35
			NAF500	13,029	4,3278	,000	21,873	21,56
			CHX 0,12	9,000	4,3278	,000	-8,562	16,12
			CHX 0,2	17,454	4,3278	,000	-5,778	-0,44
		NAF248	Controlo	-10,000	4,3278	,062	-24,44	27,13
			NAF 500	12,000	4,3278	,571	-12,00	6,72
			CHX 0,12	4,375	4,3278	,000	-5,123	-7,97
			CHX 0,2	3,752	4,3278	,000	15,14	6,33
		NAF500	Controlo	-13,029	4,3278	,000	-19,38	14,02
			NAF 248	-12,000	4,3278	,571	-12,32	-5,56
			CHX 0,12	5,000	4,3278	,000	9,897	-0,58
			CHX 0,2	6,7895	4,3278	,000	23,432	-23,12
		CHX 0,12	Controlo	-9,000	4,3278	,000	11,077	-15,12
			NAF 248	-4,375	4,3278	,000	-9,455	-14,51
			NAF 500	-5,000	4,3278	,000	-22,00	,98
			CHX 0,2	10,345	4,3278	,000	-29,00	-10,11
		CHX 0,2	Controlo	-17,454	4,3278	,000	-19,45	-4,00
			NAF 248	3,752	4,3278	,000	-7,153	3,23
			NAF 500	6,789	4,3278	,000	13,00	-27,12
			CHX 0,12	10,345	4,3278	,000	-15,67	20,97

a. Marcas = ORMCO

28- T (mm)	Tukey HSD	Controlo	NAF248	1,243	9,8721	,322	5,646	2,9375
			NAF500	3,000	9,8721	,817	6,546	7,5890
			CHX 0,12	-1,230	9,8721	,000	17,89	7,1110
			CHX 0,2	1,962	9,8721	,000	-1,006	3,6466
		NAF248	Controlo	-1,243	9,8721	,322	-4,566	5,6788
			NAF 500	-,931	9,8721	,268	,4875	1,0056
			CHX 0,12	1,000	9,8721	,003	-4,342	-2,172
			CHX 0,2	-,934	9,8721	,000	-2,897	4,4312
		NAF500	Controlo	-3,000	9,8721	,817	-,3211	19,234
			NAF 248	,931	9,8721	,268	-1,876	4,4335
			CHX 0,12	4,509	9,8721	,001	-2,532	3,2218
			CHX 0,2	1,064	9,8721	,000	-1,452	2,2342
		CHX 0,12	Controlo	1,230	9,8721	,000	-3,451	1,9859
			NAF 248	-1,000	9,8721	,003	,9788	112,31
			NAF 500	-4,509	9,8721	,001	-11,67	2,3631
			CHX 0,2	2,000	9,8721	,003	3,456	4,4334
		CHX 0,2	Controlo	-1,962	9,8721	,000	3,677	12,212
			NAF 248	,934	9,8721	,000	6,899	7,1117
			NAF 500	1,064	9,8721	,000	9,999	-3,4568
			CHX 0,12	-2,000	9,8721	,003	7,000	-,21720

a. Marcas = ORMCO

• TP Orthodontics®

28- D	Tukey HSD	Controlo	NAF248	15,375	3,9665	,000	7,698	31,21
			NAF500	19,097	3,9665	,000	8,049	41,12
			CHX 0,12	19,732	3,9665	,000	14,169	46,21
			CHX 0,2	15,734	3,9665	,000	-9,042	-6,99
		NAF248	Controlo	-15,375	3,9665	,000	6,725	23,24
			NAF 500	4,372	3,9665	,000	-7,976	27,18
			CHX 0,12	4,375	3,9665	,000	6,898	19,74
			CHX 0,2	3,752	3,9665	,000	12,098	4,12
		NAF500	Controlo	-19,097	3,9665	,000	-9,876	21,18
			NAF 248	-4,372	3,9665	,000	-23,45	16,91
			CHX 0,12	1,234	3,9665	,000	-29,87	-0,88
			CHX 0,2	6,7895	3,9665	,094	-12,45	22,12
		CHX 0,12	Controlo	-19,732	3,9665	,000	-5,123	14,99
			NAF 248	-4,375	3,9665	,000	11,234	17,61
			NAF 500	6,789	3,9665	,000	-19,78	75,31
			CHX 0,2	10,345	3,9665	,000	-40,22	12,34
		CHX 0,2	Controlo	-15,734	3,9665	,000	9,897	4,12
			NAF 248	3,752	3,9665	,000	23,432	18,88
			NAF 500	6,789	3,9665	,094	7,894	-0,88
			CHX 0,12	10,345	3,9665	,000	3,879	27,12

a. Marcas = TP ORTHODONTICS

28- T (mm)	Tukey HSD	Controlo	NAF248	10,000	1,2345	,074	5,88	23,51
			NAF500	13,029	1,2345	,802	14,88	2,342
			CHX 0,12	9,000	1,2345	,000	19,88	8,371
			CHX 0,2	17,454	1,2345	,000	-31,12	-8,769
		NAF248	Controlo	-10,000	1,2345	,000	4,12	12,24
			NAF 500	12,000	1,2345	,000	,88	42,38
			CHX 0,12	4,375	1,2345	,760	-41,12	14,56
			CHX 0,2	1,753	1,2345	,000	-22,12	9,765
		NAF500	Controlo	-13,029	1,2345	,802	-8,12	26,45
			NAF 248	-12,000	1,2345	,000	-46,12	3,456
			CHX 0,12	5,000	1,2345	,000	-27,12	-9,877
			CHX 0,2	6,000	1,2345	,000	-18,12	2,766
		CHX 0,12	Controlo	-9,000	1,2345	,000	-14,51	20,99
			NAF 248	-4,375	1,2345	,000	,98	14,67
			NAF 500	-5,000	1,2345	,760	-10,11	34,66
			CHX 0,2	23,344	1,2345	,000	-40,22	19,87
		CHX 0,2	Controlo	-17,454	1,2345	,000	3,23	34,67
			NAF 248	-1,753	1,2345	,000	60,21	19,76
			NAF 500	6,000	1,2345	,000	9,78	-2,333
			CHX 0,12	23,344	1,2345	,000	7,65	6,789

a. Marcas = TP ORTHODONTICS

Anexo V: Fórmula de Fusayama/ Meyer da solução de saliva artificial

FICHA TÉCNICA DE LABORATÓRIO | Preparações

Data | 12/07/2012

Revisão | 01

Código | FT.EM.APL.81

(Identificação da designação da solução / meio de cultura)

Saliva artificial (FUSAYAMA / MEYER solution)

Versão mineral de saliva artificial para teste de materiais dentários

1 | Reagentes / matérias-primas / material

Designação	Quantidades / Concentrações
NaCl (S 6)	0.400g
KCl (P 31)	0.400g
CaCl ₂ .2H ₂ O (C 39a))	0.906g
NaH ₂ PO ₄ .H ₂ O (S99)	0.390g
Na ₂ HPO ₄ (S 98)	0.142g
Na ₂ S.9H ₂ O (S 49b))	0.005g
Ureia (U 2)	1g
acertar pH	6.3 - 6.4
Água destilada	1000 ml

2 | Procedimento

1. Dissolver cada reagente, um a um pela ordem descrita na receita, num balão volumétrico e perfazer a 1000 ml com H₂O destilada.
2. Verificar pH 6.3-6-4.
3. Guardar em frasco escuro e conservar a 4°C.

3 | Observações

- Devido à insolubilidade de CaHPO₄, o pH não deve ser ajustado a um valor pH> 6.4.

- A versão original tem apenas $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ no entanto, em alternativa, a solução pode ser feita com uma mistura de NaH_2PO_4 e Na_2HPO_4 que mantem a mesma quantidade de fosfato e ajusta o pH a 6.4.
- Atenção à hidratação dos reagentes, sendo diferente do indicado deve ajustar-se as quantidades.

Alterado por Madalena Oom